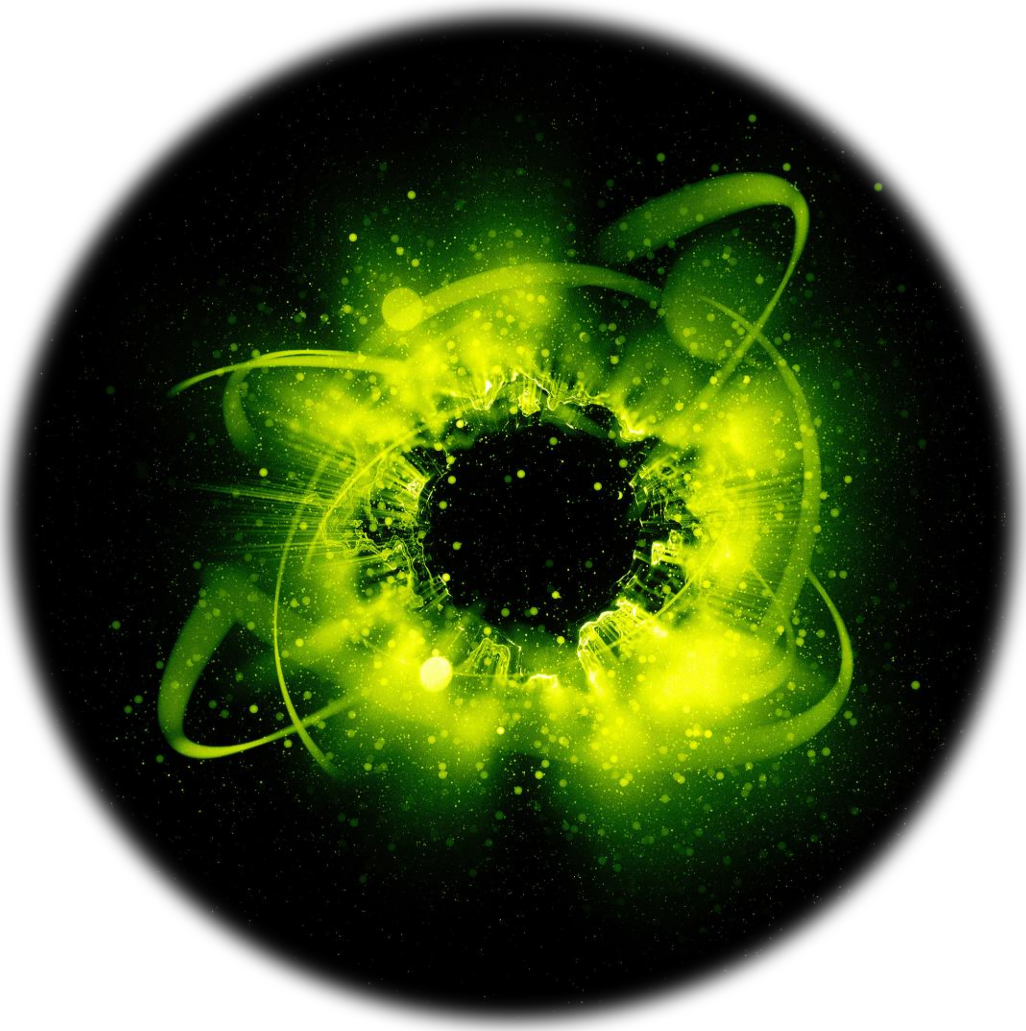
MINISTÉRIO DA ECONOMIA

PÁTRIA AMADA BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Empoderando vidas.
Fortalecendo nações.



Relatório do Ecossistema 5G Brasil

Produto 2 – Mapeamento do ecossistema de inovação

Outubro 2021

Conteúdo

Introdução

Objetivos do relatório

O 5G não só permite a integração de serviços fixos e móveis, de tecnologias de acesso via terrestre e satélite, mas também é uma plataforma de inovação, trazendo novos serviços e conceitos de imersão total, combinando tecnologias adjacentes como Edge Computing, Big Data, Inteligência Artificial e sistemas especialistas, Computação Quântica, comunicação de sensores, IoT, entre outras. Neste sentido, o 5G tem sido tratado como estratégia de Estado em diversas nações, com programas governamentais, disponibilização de recursos, subsídios e isenções tributárias.

Atualmente o ecossistema brasileiro é, no geral, incipiente em relação ao 5G. O leilão das frequências de 5G, que ocorreu em novembro de 2021, possui o potencial de impactar positivamente o ecossistema de software do País, pois a nova rede fornece um ganho de conectividade que possibilitará a percepção de seus benefícios. Uma vez que essa tecnologia seja disponibilizada, deverá gerar novos empregos, fomentar a injeção de novos investimentos e aumentar a demanda interna por soluções de rede e de aplicações.

Em relação ao segmento de softwares de solução, o advento do 5G promoverá oportunidades para atender às novas demandas das empresas e sociedade. Entre as características dessa tecnologia destaca-se a baixa latência, que permite tempos de resposta mínimos entre as redes e os dispositivos, aumentando a eficiência e produtividade de sistemas. Um estudo de 2018 da consultoria Deloitte[1] listou alguns segmentos que podem ser alavancados com os benefícios do 5G, como por exemplo, cidades inteligentes, indústria de manufatura e operadoras de telecomunicações. Dessa forma, espera-se que haja um estímulo à indústria nacional para atender às exigências desse novo ecossistema.

Por outro lado, a virtualização do ecossistema de redes vem trazendo grandes impactos para a indústria de telecomunicações e a sociedade. O crescimento do movimento de redes desagregadas, ou seja, a separação de software e hardware em componentes que podem ser oferecidos por diferentes fornecedores, marca a nova era no setor de telecomunicações. Com a chegada do 5G, as redes desagregadas tendem a ganhar relevância, levando ao compartilhamento de elementos de hardware, diminuição do tempo de ociosidade da rede e aumento da importância dos softwares. A tecnologia de quinta geração gera a necessidade de maior quantidade e densidade de equipamentos de infraestrutura de rede, de modo que os custos de implementação e operação tendem a ser maiores que aqueles do 4G. Entretanto, esses custos podem ser diminuídos por meio da desagregação de rede[2] em comparação às soluções verticalizadas tradicionais.

O presente estudo busca avaliar a maturidade de cada elo do ecossistema brasileiro de inovação voltado ao desenvolvimento de softwares para aplicações e sistemas de telecomunicações por meio de uma análise dos principais atores e responsáveis pelo desenvolvimento e fomento dessa tecnologia no País. É um passo inicial com o objetivo de identificar oportunidades e desafios para o Brasil, estabelecendo um panorama que ajudará na definição de políticas públicas que fomentem o desenvolvimento do 5G nacional.

---

[1] Estudo Deloitte sobre 5G: https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/5g-industry-application.html

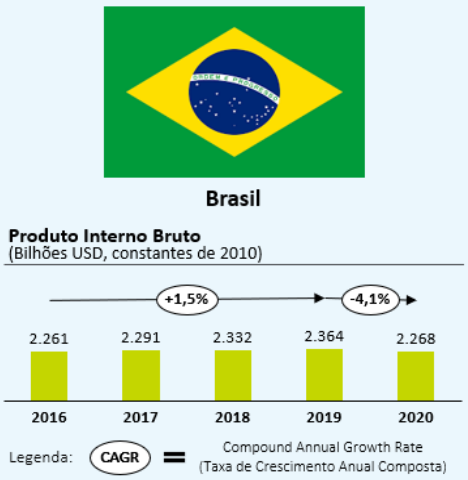
[2] Redução de custos por redes desagregadas: https://www.goldmansachs.com/insights/pages/gs-research/5G-moving-from-the-lab-to-the-launchpad/report.pdf

Estrutura do relatório

O relatório é composto por esta introdução e outras três seções que buscam explicar o ecossistema brasileiro de software e seu nível de preparação para o 5G:

- **Estado atual do 5G no Brasil:** Informações sobre o estado atual de implementação do 5G, com um panorama estrutural de conectividade e iniciativas realizadas para promover essa tecnologia.
- **Ecossistema brasileiro de software:** Apresentação dos atores do ecossistema e descrição de seus respectivos papéis, buscando entender como eles se conectam.
- **Sumário executivo da avaliação de maturidade:** Principais conclusões obtidas durante a análise de cada um dos elos, apresentando uma visão sumarizada ao leitor.
- **Avaliação da maturidade do ecossistema brasileiro de software:** Análise individualizada em relação ao grau de desenvolvimento dos elos para receber e atuar o 5G no Brasil, com o objetivo de entender as principais características e níveis de maturidade de cada elo e do ecossistema como todo.

Estado atual do 5G no Brasil



Informações gerais	
Sistema de governo	Democracia presidencialista
IDH	0,765 - 84º (2019)
População	212,6 milhões (2020)
PIB/Capita	6.796,84 USD (2020)
Cenário de inovação	
Bloomberg Innovation Index	46º (2021)
% de acesso à internet	70,43% (2018)
% PIB em P&D	1,3% (2017)
% de produtos TIC em exportações	0,3% (2019)
% de produtos TIC em importações	9,0% (2019)

O Brasil é a 12ª maior economia mundial e a primeira na América Latina. Sua base econômica é formada pelas atividades de serviços, agroexportadoras e industriais, representando respectivamente cerca de 73%, 20% e 7% do PIB, com o setor de serviços responsável pela geração de 75% dos empregos do país. O território brasileiro possui dimensões continentais de 8,5 milhões de km², com regiões e climas distintos. Estabelecer políticas públicas amplas e abrangentes para atender a diversos perfis populacionais e desenvolver a economia é um dos principais desafios do governo.

Sob a ótica da implementação do 5G, o Brasil apresenta alguns desafios para atingir o patamar de outros países. Conforme ranking do InterNations[3], o Brasil está posicionado em 50º lugar entre 68 países analisados em relação à conectividade. Segundo dados do Plano Estrutural de Redes de Telecomunicação (PERT)[4], a cobertura 4G está disponível em 94,7% dos municípios, 27,8% das localidades que não são sedes de município (regiões como aglomerados rurais), e 40,5% das rodovias. Além disso, em relação ao Serviço Móvel Pessoal (SMP) e o Serviço de Comunicação Multimídia (SCM), o País está nas posições 77º de 140 países e 44º de 180 países nos rankings, respectivamente – abaixo da média de velocidade em ambas as classificações, segundo dados de agosto de 2021 da Speedtest. Dessa forma, a partir dos dados e da opinião dos atores do ecossistema entrevistados, o diagnóstico é de que o Brasil está atrasado em relação ao mundo em questão de conectividade.

Para tentar mitigar essa questão, dentro do contexto de 5G, foi elaborado em 2019 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) a Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração[5], com o objetivo de realizar um diagnóstico de desafios e mapear as oportunidades proporcionadas por essa tecnologia no Brasil. Entretanto, apenas dois anos após esse movimento, foi agendado o leilão das frequências de 5G para

---

[3] Relatório *Digital Life Abroad* da InterNation: https://cms.internations.org/sites/default/files/2019-05/2019-05-22_Digital_Life_Abroad_Report_by_InterNations.pdf
[4] Relatório Semestral de Infraestrutura de 2021 da Anatel: https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?eEP-wqk1skrd8hSlk5Z3rN4EVg9uLJqrLYJw_9INcO7DaKpAKbylv7ubBI1aN3lLjA06d4GRb0Z8ELSiGeZ-NtRtVHwpuWy0CHD3xiLFbq2zk9ZgwBFi_7vMYAsVcubI
[5] Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração (5G) do MCTIC: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/sessaoPublica/arquivos/estrategia5g/Documento-base-da-Estrategia-Brasileira-de-5G.pdf

novembro de 2021, sendo posterior a outros países como Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido. Nele, serão oferecidas as frequências em 700MHz, 2,3GHz, 3,5GHz e 26 GHz.

Apesar de o leilão garantir a solução para alocação de espectro, a implementação da infraestrutura continua um desafio tanto financeiramente quanto tecnologicamente. No aspecto financeiro, a implantação do 5G requer alto volume de investimentos (CAPEX) dentro de um cenário econômico bastante volátil. Os investidores de infraestrutura de telecomunicações priorizam os mercados de maior retorno e o Brasil tem ficado para trás em termos de prioridade, dado que a tecnologia ainda não está madura e a captura de valor do 5G ainda não foi alcançada nos países desenvolvidos. No âmbito tecnológico, o 5G requer mais antenas devido ao uso de frequências mais altas em relação ao 4G, resultando em um custo de instalação mais elevado. Segundo os cálculos da Federação Nacional de Call Center, Instalação e Manutenção de Infraestrutura de Redes de Telecomunicações e de Informática (Feninfra) [6], seriam necessárias no Brasil pelo menos 300 mil antenas para o funcionamento pleno do 4G, enquanto para o 5G este número passaria para 700 mil unidades. Esta evolução precisa ser acompanhada de maior facilidade para a instalação de antenas e maior capilaridade de fibras ópticas, entre outros aspectos.

Para a parte central da infraestrutura, o 5G permite que se escolha entre duas opções: a utilização de modelos verticalizados de grandes fornecedoras de equipamentos de telecomunicações como a Huawei, Nokia e Ericsson, ou a adoção de soluções redes desagregadas como o Open RAN, que permitem a participação de diversos provedores de menor porte. No Brasil, há uma tendência das grandes operadoras em preferir majoritariamente soluções verticalizadas dos grandes fornecedores, com gradual transição para soluções desagregadas, conforme indicado por especialistas. Novos entrantes e redes privadas possuem maior propensão a soluções de redes desagregadas, fomentadas a partir de participação de empresas em comunidades como a Telecom Infra Project (TIP) e a criação do Open RAN Brasil.

Dentro desse contexto, o ecossistema movimenta-se de forma a superar os obstáculos e a fomentar o 5G no País. A execução do leilão em novembro de 2021 é fundamental para acelerar o desenvolvimento do mercado de 5G brasileiro. Com a virtualização das redes, há espaço para o desenvolvimento de software, seja para alavancar o maior amadurecimento do ecossistema existente, ou para atuar em segmentos específicos que serão criados a partir das redes desagregadas, tanto para softwares de rede quanto para softwares de solução. A seguir, serão descritos os principais elos do ecossistema de rede brasileiro e qual o nível de maturidade de cada um deles no cenário nacional.

[6] Quantidade de antenas necessárias para 5G: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2021/09/21/para-tecnologias-4g-e-5g-pais-precisa-de-mais-antenas.ghtml

Ecossistema brasileiro de software

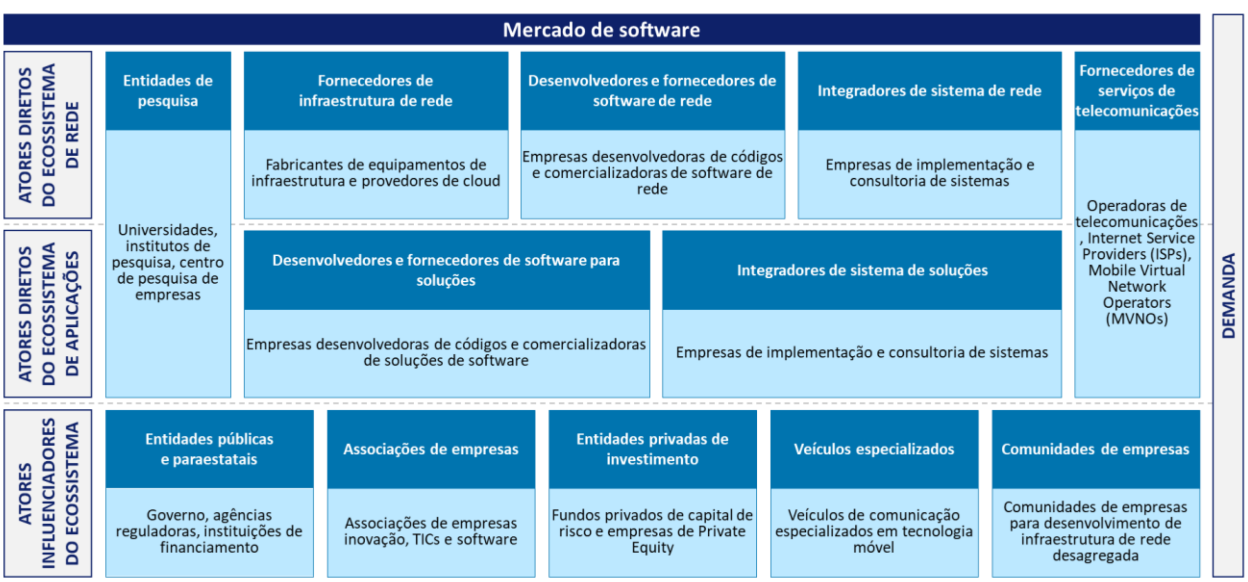
Papéis e participantes do ecossistema de software

Ao longo dos últimos anos, as companhias do setor de telecomunicações estão se transformando para atender à virtualização do ecossistema, impulsionando a eficiência operacional, a inovação de serviços e a agilidade. Há 20 anos, parte das redes foi projetada visando atender à demanda de comunicação por voz. Atualmente, com o surgimento de novas tecnologias como o 5G – que permite menor latência, maior conectividade e tráfego de dados –, o mercado enxerga oportunidades de aplicações que antes não eram possíveis. Essas mudanças no setor marcam uma nova era da conectividade e, nela, destaca-se o movimento crescente das redes desagregadas, em que o mercado não depende mais de poucos fornecedores de infraestrutura, estimulando outros aspectos como a competição e novos papéis aos atores do ecossistema.

Diante disso, torna-se importante conceituar o ecossistema de software como uma rede formada por diferentes elos, de modo a contemplar os atores de rede, de aplicações e os que são influenciadores no mercado, criando um ciclo de geração de valor. Neste relatório define-se software como um termo genérico usado para se referir a aplicações, scripts e programas que rodam em um dispositivo. Ele é formado por um conjunto de instruções ou dados usados para operar computadores e executar tarefas específicas. Para a concepção da análise identificaram-se duas vertentes de software: (i) Software de sistema, responsável por gerenciar o comportamento do hardware de um dispositivo, oferecendo as funcionalidades básicas exigidas pelos usuários e por outros programas; e (ii) Software de aplicação, programas que permitem ao usuário realizar uma ou mais tarefas específicas.

Sob a ótica do 5G, as redes desagregadas ganham relevância, pois tendem a oferecer outros tipos de estrutura que podem gerar mais eficiência para as soluções verticalizadas atuais. A análise também abordará o desenvolvimento de software de sistema para rede desagregada de telecomunicações. A Figura 1 contempla o ecossistema de software brasileiro perante o setor:

Figura 1: Mapeamento do ecossistema de software



Descrição dos papéis

Para a compreensão do ecossistema, os atores foram divididos em três grupos: (i) atores diretos do ecossistema de rede, com papel ativo no desenvolvimento de tecnologia de rede de telecomunicações; (ii) atores diretos do ecossistema de aplicações, responsáveis pela produção e desenvolvimento de soluções específicas para os diferentes setores da economia; e (iii) atores influenciadores do ecossistema, que não atuam diretamente no desenvolvimento tecnológico, mas influenciam os atores diretos. A descrição e apresentação de cada um deles torna-se relevante para a compreensão da análise realizada.

Atores diretos do ecossistema de rede e aplicações

1. **Entidades de pesquisa e inovação**

   São entidades focadas na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, seja por meio de pesquisa básica, prova de conceito ou prototipagem – etapas que precedem o lançamento de soluções ao mercado. Este elo é composto por centros de pesquisa de universidades ou empresas, ICTs (Institutos de Ciência e Tecnologia) e ambientes como parques tecnológicos e incubadoras.

2. **Fornecedores de infraestrutura de rede, desenvolvedores e fornecedores de software de rede e integradores de sistemas de rede**

   No ecossistema de software, os fornecedores de infraestrutura de rede são empresas produtoras de equipamentos de rede e serviços de Cloud Computing. Em complemento, os desenvolvedores e fornecedores de software de rede são responsáveis pela criação e gerenciamento dos programas de controle e orquestração de redes de telecomunicações. E, para que seja possível maior sincronia entre os elos, os integradores de sistemas de rede são responsáveis pela adequação de diferentes sistemas de software e hardwares (oriundos de diversos fornecedores, como desenvolvedores de software e fornecedores de equipamentos) para atender às necessidades específicas do mercado. Além dos componentes e equipamentos, o integrador também se caracteriza como agente de consultoria e implementação das soluções de TI.

3. **Desenvolvedores e fornecedores de softwares para soluções**

   Sob a ótica dos atores de software de solução, são as empresas responsáveis pela programação, atualização e/ou comercialização de novos softwares para aplicações que busquem atender demandas dos diferentes setores da economia, utilizando a infraestrutura de rede disponível para funcionarem.

4. **Integradores de sistemas de soluções**

   Os integradores assumem o papel de auxiliar na conexão entre os elementos provenientes de diferentes atores – hardware e software – para implementar aplicações específicas voltadas aos diferentes setores da economia (excluindo-se a camada de rede). São constituídos por empresas de consultoria e agentes de implementação de soluções tecnológicas em geral.

5. **Fornecedores de serviços de telecomunicações**

   São as empresas comercializadoras de serviços de telecomunicações como internet e telefonia, provido não só pelas operadoras, mas também por ISPs e MVNOs. O conceito de telecomunicação abrange todas as etapas para o funcionamento de um sistema de comunicações, desde o projeto até sua implementação e manutenção. Os serviços mais conhecidos pelo mercado consumidor são o de internet e telefonia fixa e móvel. Entretanto, também fazem parte deste elo o monitoramento e a segurança da comunicação.

Atores influenciadores do ecossistema

6. Entidades públicas e paraestatais

No Brasil, são responsáveis por definir as condições e regras a serem seguidas no mercado, além de criar e disponibilizar diversas ferramentas de fomento ao ecossistema em questão. De maneira geral, as entidades públicas e paraestatais, por meio dessas ferramentas, exercem um importante papel de direcionar e regular o desenvolvimento do ecossistema.

7. Associações de empresas

São as instituições que agrupam diversas empresas de um setor específico com objetivo de representar e conquistar benefícios e espaço para o segmento. Possuem a visão de elaborar um panorama detalhado sobre a situação atual do mercado e estabelecer estratégias que ajudem a dar suporte aos atores.

8. Entidades privadas de investimento

Responsáveis por uma parcela importante dos investimentos que apoiam os negócios em desenvolvimento no mercado. São caracterizadas por aspirarem retornos futuros que compensem o risco tomado, de modo a ocupar um papel protagonista no financiamento às empresas em fase de crescimento, geralmente em troca de uma participação acionária.

9. Veículos especializados

São as empresas responsáveis por divulgar informações jornalísticas especializadas sobre um mercado específico. Estes atores têm o papel de informar o ecossistema, sendo muitas vezes fonte de visibilidade às iniciativas que estão acontecendo em relação ao mercado de software.

10. Comunidades de empresas

Coalizão de entidades e atores de definição de padrão, em sua maioria, de alcance global, responsáveis por facilitar a interação entre atores do ecossistema. Eles visam promover e acelerar o desenvolvimento tecnológico, influenciando também na definição de padrões.

Sumário executivo da avaliação de maturidade

Análise geral do ecossistema brasileiro de inovação em software e 5G

A indústria de telecomunicações é uma indústria sofisticada e o produto 5G é altamente complexo. O seu desenvolvimento requer diversas disciplinas presentes em países que possuem este conhecimento de longa data. Segundo o professor Ricardo Hausmann, da prática de desenvolvimento econômico da Universidade de Harvard[7], produtos desta natureza exigem *know-how* codificado na sociedade, um conhecimento tácito cuja difusão é complexa e difícil de ser replicada em outras comunidades. Tal fato é constatado pela pequena quantidade de países e empresas que dominam esta tecnologia.

O ecossistema de software 5G brasileiro é ainda incipiente, sobretudo dos desenvolvedores dos componentes da rede 5G. As universidades e institutos de pesquisa brasileiros possuem iniciativas relevantes nesta área, porém ainda muito distantes do domínio tecnológico das sociedades cujo conhecimento está difundido há décadas. No entanto, existem boas perspectivas no País, pois o mercado de desenvolvimento de software de rede e aplicações tem potencial de amadurecimento e possui adjacências com o de componentes da rede 5G.

De forma geral, para qualquer grande movimento ou inserção de nova tecnologia em grande escala, os atores influenciadores de um ecossistema ficam responsáveis por preparar as condições necessárias para que os atores diretos e toda cadeia de valor do ecossistema possam alcançar um estágio de desenvolvimento superior ao nível anterior. No caso do ambiente de software e 5G, percebe-se também que no Brasil há um maior grau de maturidade e preparação dos elementos que são influenciadores do ecossistema, especialmente: i) as entidades públicas e paraestatais, que delimitam as regras do jogo e ajudam no fomento do desenvolvimento inicial; ii) os veículos especializados de comunicações, responsáveis por promover e difundir as novidades, conhecimento e compartilhamento das informações do ecossistema; iii) As comunidades de empresas, que buscam avanços conjuntos de novas tecnologias de rede com maior relevância de softwares e na definição das especificações necessárias.

Uma vez que as ações dos elos influenciadores comecem a surtir resultados, espera-se uma aceleração do envolvimento e amadurecimento dos atores diretos como um todo. O exemplo mais claro deste estudo é a realização do leilão que, por ainda não ter ocorrido, não permite a implementação da infraestrutura de telecomunicações 5G em escala. Inicialmente, para atender as exigências de cobertura impostas pelo leilão, a infraestrutura de rede será fortemente baseada em soluções prontas e verticalizadas, fornecida por poucas empresas de nível global. Após os primeiros passos da implementação da infraestrutura e avanço da virtualização das redes, espera-se um aumento da demanda por soluções desagregadas, em que o papel do software é mais relevante em comparação à solução verticalizada, e abre oportunidades para o envolvimento de diversos outros atores, diminuindo a dependência por produtos de alguns poucos fornecedores.

Consequentemente à oferta da conectividade, espera-se o crescimento das demandas por aplicações baseadas em 5G pelos mais diversos setores da economia. O aumento da demanda estimula investimentos para o setor de desenvolvimento e integração de softwares mais direcionados à aplicações do 5G, hoje ainda muito distante das prioridades do mercado. Porém, esse elo ainda não se encontra no grau de maturidade ideal, com latente falta de empresas e profissionais de software e com a necessidade de aumentar o conhecimento específico e complexo que o 5G exige. Uma vez que o setor privado perceba que o retorno financeiro das aplicações 5G é atrativo, cria-se condições para que os próprios elos do ecossistema comecem a se nutrir e dinamizar as suas relações de forma mais independente, avançando numa direção de maior maturidade.

[7] The Nature of Economic Growth: On Knowhow. Curso em Center for International Development, Harvard University.

Resultados da maturidade para cada elo do ecossistema brasileiro de inovação em software e 5G

Atores diretos do ecossistema

Entidades de pesquisa e inovação têm **baixa maturidade** em software ligado ao 5G. De acordo com as análises efetuadas, pode-se perceber que os investimentos em P&D e o número de pesquisadores no Brasil são baixos em comparação com outros países do mundo como Estados Unidos, europeus e asiáticos. Além disso, a produção de patentes relacionadas a software é pouco relevante no Brasil, com poucas inovações patenteadas no âmbito de telecomunicações desde 2010, e ordens de grandeza menores em relação a países líderes nesse quesito como China, Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul. Por fim, há distanciamento entre universidades e setor privado, especialmente no setor de tecnologia e telecomunicações, dificultando a tradução de conhecimento básico em produtos para lançamento ao mercado.

Fornecedores de infraestrutura de rede, desenvolvedores e fornecedores de softwares de rede e integradores de sistemas de rede têm, em um primeiro momento**, maturidade mediana.** Para atender às contrapartidas do leilão de 5G, a utilização de soluções verticalizadas, que entregam a solução de rede completa, devem ser adotadas pelas operadoras de telecomunicações para estabelecer suas operações. Nesse cenário, os principais fornecedores globais estão presentes no Brasil para implementar suas soluções. Com o avanço do 5G, da virtualização das redes e a separação de software e hardware, que podem ser fornecidos por atores diferentes, os elementos de software de rede e integração ganham maior importância, dando uma visão mais clara de cada um dos elos. Desse modo, os **fornecedores de infraestrutura de rede e desenvolvedores e fornecedores de software de rede** apresentam **maturidade mediana**, enquanto **integradores de rede** possuem **maturidade baixa**. Isso ocorre pois, sob a ótica de redes desagregadas, apesar de não haver iniciativas mais abrangentes dessa solução e atores consolidados para integrar as redes, o Brasil possui projetos pilotos de Open RAN e é o país com mais laboratórios da Telecom Infra Project (TIP), igualando-se aos Estados Unidos neste quesito. Além disso, os principais atores de soluções em nuvem e gestão de redes estão presentes no País para atender às demandas impulsionadas pelas redes desagregadas com a participação de empresas nacionais em menor escala, em conjunto com novos players advindos do mundo de TI que atuam na camada de gestão de rede, devido às novas arquiteturas que estão sendo geradas, principalmente as virtualizadas e baseadas em computação em nuvem.

Desenvolvedores e fornecedores de software para soluções têm **baixa maturidade**. De acordo com o limitado número de empresas e startups existentes no mercado de software brasileiro, entende-se que o setor ainda está imaturo a ponto de não conseguir atender e estimular a demanda com novas soluções. Outro aspecto é a escassez de mão de obra qualificada para desenvolver o software de solução, visto a carência de profissionais que se formam por ano e a fuga de capital humano para outros países.

Integradores de sistemas de soluções têm **baixa maturidade**. Com a introdução do 5G, a arquitetura das aplicações será modificada, com uma tendência de virtualização dos sistemas e do processamento, com grande relevância a softwares que são diferentes daqueles que fazem parte das arquiteturas usuais de processamento local. Atualmente, segundo executivos do mercado, falta aos integradores de soluções o conhecimento específico aprofundado para os sistemas virtualizados baseados em nuvem. Porém, existe potencial de aumento da maturidade à medida que mais conhecimento específico seja acumulado.

Fornecedores de serviços de telecomunicações têm **maturidade mediana**. O País ultrapassa 94% em cobertura de internet por município, mas os indicadores de qualidade da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) não são todos atingidos, além de demonstrar uma velocidade de conexão baixa em comparação com benchmarks internacionais. Atrelado a esta análise, o estudo buscou compreender a participação de mercado dos principais atores de telecomunicações e as características de competição do setor. Com a introdução da Nova Lei Geral das Telecomunicações e a redefinição pela Anatel dos critérios para os Prestadores de Pequeno Porte, o mercado tende a ser mais competitivo com a entrada de outros prestadores de serviços de telecomunicações, de modo a caracterizar-se como um elo maduro por absorvê-los.

Atores influenciadores do ecossistema

Entidades públicas e paraestatais têm **maturidade mediana.** A realização do leilão de frequências em novembro de 2021 é fundamental para o País. Comparando a países de características econômicas similares ao Brasil como Rússia e Índia, a implementação do 5G no País para 2022 não está atrasada – apesar de não ser um dos líderes neste quesito. Analisou-se também a presença de iniciativas de fomento do desenvolvimento de softwares 5G no Brasil por duas óticas: direcionamento do governo e incentivos. Pelo aspecto de direcionamento, percebe-se que a estratégia para o 5G ainda não está pronta e produzindo resultados concretos, apesar de ter sido realizada em 2019 uma Consulta Pública para elaboração da Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração (5G). Já pelo lado de incentivos, há estímulos indiretos como a Lei da Informática e a Lei do Bem e iniciativas como o marco legal das startups e empreendedorismo inovador, Lei da Inovação Tecnológica e bolsas de pesquisa por meio do CNPq para capacitação de profissionais no mercado. Além disso, dispõe-se de diversas ferramentas de fomento direto em assuntos mais abrangentes que cobrem parcialmente o segmento de softwares 5G. Por fim, analisando qualitativamente as percepções de atores do ecossistema, observa-se uma grande expectativa no mercado relacionada a definições como o leilão, direitos e obrigações nos novos mercados e a ambição por uma perspectiva clara do governo para a tecnologia, com ações e políticas relacionadas, direcionando a intenção do País em relação à tecnologia. Somado a isso, tem-se a necessidade de mudar o paradigma das entidades de regulação e fomento do setor para uma visão mais voltada à software, em contraponto às práticas anteriores que privilegiavam a infraestrutura de redes.

Associações de empresas têm **baixa maturidade**. No Brasil existem diversas associações de abrangências e representatividades diferentes, que geralmente acompanham o nível de maturidade do seu respectivo elo. Com exceções em alguns elos da cadeia, não existem associações que cubram o tema de 5G com grande relevância, fazendo com que o assunto seja tratado de forma tangente e superficial neste momento. Aliado a esse ponto, devido à dispersão dos atores relacionados ao desenvolvimento do ecossistema de software 5G no País, a relevância do assunto por parte deste elo é baixa.

Entidades privadas de investimento têm **baixa maturidade**. De acordo com a base do Crunchbase, o ecossistema de startups nacional ainda não teve a presença de empresas que desenvolvam 5G. Entretanto, observa-se um aumento expressivo de valores investidos em startups de software nos últimos 5 anos. Essa representação deixa de ser relevante ao se analisar o número de rodadas de investimentos nessas startups no Brasil (11) comparada a países como Estados Unidos e Índia, que apresentaram em 2020, respectivamente, 550 e 36 rodadas. Por fim, em relação à composição de número de rodadas de investimento, o Brasil ainda apresenta uma alta representatividade de investimentos nas fases iniciais das startups em comparação à média dos outros países do benchmark, demonstrando um grau de maturidade menor das empresas deste segmento.

Veículos especializados têm **maturidade mediana**. Ainda não existem mídias especializadas que tratem especificamente do 5G no Brasil. No entanto, para avaliarmos a maturidade do elo, verifica-se a quantidade de mídias especializadas que tangenciam o tema, combinada com o número de publicações dessas principais fontes. Nessa análise pode-se perceber a presença de pelo menos quatro fontes de notícias (Mobile Time, Tele.Síntese, Teletime e Convergência Digital) que têm, até setembro de 2021, mais de mil publicações que mencionam o assunto 5G desde 2008. Isto aponta para uma performance parcialmente representativa, apesar desta cobertura ser focada no desenvolvimento do 5G fora do Brasil e no leilão de frequências nacional, devido à falta de interesse jornalístico e irrelevância do desenvolvimento nacional até o momento.

Comunidades de empresas têm **maturidade mediana**. Há baixo número de entidades brasileiras participando das coalizões líderes de redes desagregadas como TIP (Telecom Infra Project) e O-Ran Alliance, o que representa uma influência limitada nos avanços promovidos por essas iniciativas. Ao mesmo tempo, o Brasil é líder no número de laboratórios do TIP, sendo referência ao lado dos Estados Unidos. Pelo lado das comunidades nacionais, percebe-se que há movimentação dos atores do ecossistema em prol de uma unificação de discurso e promoção de um ambiente nacional atuante nas redes abertas. Apesar de pouco resultado prático até o momento, essas iniciativas mostram a maturidade para organização dos atores e têm potencial de gerar impactos importantes para o ecossistema brasileiro.

Avaliação da maturidade do ecossistema brasileiro de software

Metodologia da avaliação de maturidade do ecossistema

Este relatório tem como objetivo apresentar um mapeamento e avaliação técnica de maturidade do ecossistema brasileiro de inovação com foco no desenvolvimento de software de rede e de aplicações para o 5G. Para isso, foi elaborada uma metodologia com etapas a serem seguidas a fim de garantir uma análise mais completa.

Em primeiro lugar, foi necessário definir quais seriam os objetos de estudo dessa avaliação. Foram identificadas as categorias que representassem grupos de empresas atuantes no ecossistema brasileiro de software, definindo os papéis desses elementos no ambiente. Essas categorias foram divididas em 3 horizontais: atores diretos do ecossistema de rede, atores diretos do ecossistema de aplicações e atores influenciadores do ecossistema.

Com os elos determinados, o próximo passo foi estabelecer os critérios de avaliação do grau de maturidade. Elaborou-se uma lista longa de critérios e indicadores que poderiam fornecer percepções sobre o nível de desenvolvimento de cada elo do ecossistema, a qual foi refinada posteriormente para uma lista menor com base em parâmetros de maior relevância e disponibilidade de dados (tabela de indicadores no apêndice).

Atrelado às pesquisas secundárias, foram realizadas mais de 20 entrevistas de profundidade com integrantes de cada um dos elos definidos, com o objetivo de garantir um entendimento mais completo do ecossistema e avaliar o nível de maturidade que cada um deles apresenta. Além de obter o ponto de vista desses atores sobre o cenário atual de software e 5G no País, também buscamos validar a nossa estrutura do ecossistema, a fim de garantir que nenhuma categoria relevante tivesse sido deixada fora da avaliação.

Por fim, foi realizada a análise do nível de maturidade do ecossistema brasileiro de software. Para isso, foram consolidadas as informações qualitativas adquiridas nas entrevistas e em pesquisas realizadas pela equipe, em conjunto com análises quantitativas, a partir dos critérios definidos para cada elo. No final de todo o processo, atribuiu-se uma avaliação de baixa, média e alta maturidades, de modo a considerar os seguintes aspectos:

- **Baixo**: o elo não teve performance representativa de acordo com os critérios selecionados, seja por meio da comparação com os benchmarks internacionais ou pela relevância no cenário nacional.
- **Médio**: o elo teve performance parcialmente representativa de acordo com os critérios selecionados, seja por meio da comparação com os benchmarks internacionais ou pela relevância no cenário nacional.
- **Alto**: o elo teve performance representativa de acordo com os critérios selecionados, seja por meio da comparação com os benchmarks internacionais ou pela relevância no cenário nacional.

Em suma, essas informações foram consolidadas para fornecer uma visão geral do ambiente de software nacional e analisar o seu nível de desenvolvimento.

Avaliação da maturidade de atores diretos do ecossistema

Entidades de pesquisas e inovação

As entidades de pesquisa são responsáveis, em geral, pelo estudo e desenvolvimento de conhecimento básico e pelas fases de prova de conceito ou protótipo de novas soluções. No Brasil, a pesquisa de maneira mais ampla é resultado de esforços e investimentos do governo e do setor privado. Para analisar a maturidade desse

elo, vamos considerar (i) o cenário geral de P&D, por meio dos investimentos e número de pesquisadores; (ii) a produção de patentes relacionadas a software.

Inicialmente, para se ter um panorama geral de P&D no Brasil, vamos analisar 2 indicadores: investimento em P&D como parte do PIB e número de pesquisadores a cada milhão de habitantes. A apresenta uma forte correlação entre os dois indicadores apresentados, de modo que, em geral, países que investem mais em P&D em relação ao PIB também têm maior representatividade de pesquisadores em sua população. Nesse cenário, o Brasil está posicionado no grupo de países com baixos valores para os dois indicadores, o que demonstra a baixa maturidade de P&D brasileira no cenário mundial.

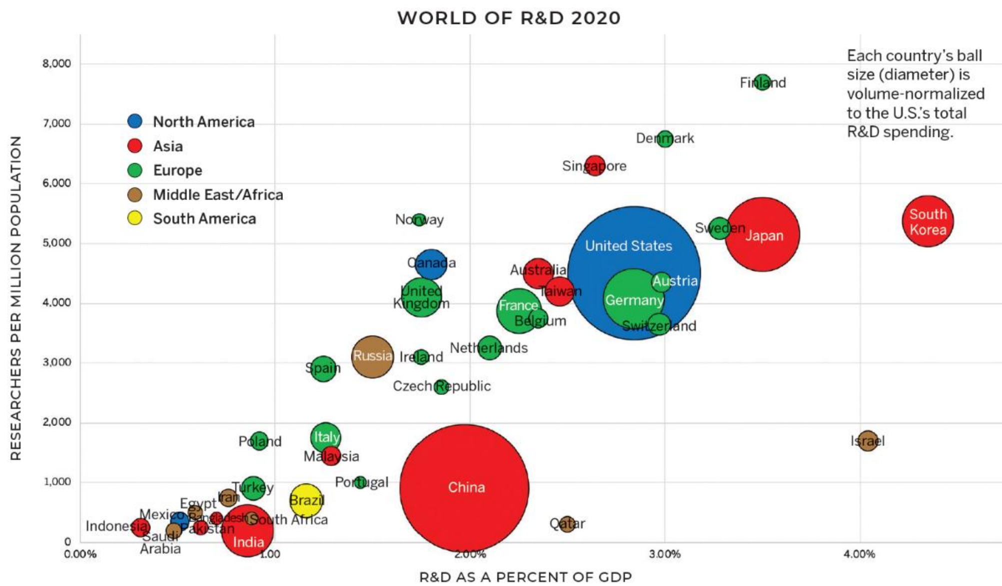


Figura 2 – Pesquisa e desenvolvimento em diversos países do mundo[8]

Para analisar a efetividade da pesquisa e inovação em software no Brasil, buscou-se analisar a produção de patentes de software, ou relacionadas a software, e comparar com a produção internacional. O levantamento feito busca oferecer uma visão de alto nível sobre a relevância do Brasil nesse cenário. Essa análise não tem por objetivo ser exata, devido às limitações que esse tipo de estudo pode apresentar, como ter exaustividade de informações de novas invenções e soluções – pois muitas inovações não são patenteadas – ou a garantia de qualidade das inovações patenteadas, pois o valor e importância referentes a cada nova solução varia caso a caso.

A **Error! Reference source not found.** mostra o número de patentes de software (ou relacionadas) depositadas nos órgãos responsáveis de cada país. Importante notar que esse gráfico não representa o número de patentes produzidas em cada país, de modo que uma patente produzida em um determinado país pode ser depositada em diversos outros países para garantir o direito da propriedade intelectual sobre a inovação em questão. Esse número, no entanto, pode ser usado como um indicador do nível de atividades de inovações em software que o ecossistema de cada região tem presenciado.

[8] R&D World: 2020 Global R&D Funding Forecast

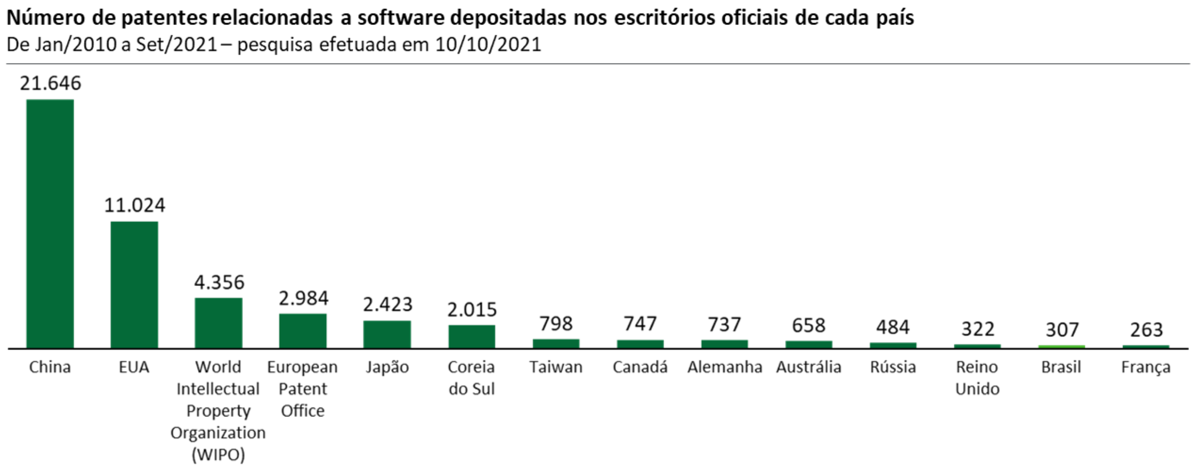


Figura 3 – Patentes relacionadas a software depositadas em cada país[9]

É possível perceber que o Brasil apresenta uma quantidade de patentes depositadas bastante inferior a países líderes nesse indicador como Estados Unidos, China, Japão e Coreia do Sul. No entanto, do total de 307 patentes que foram depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) – órgão brasileiro de registro de patentes –, apenas 9 tiveram como requerentes pesquisadores ou entidades brasileiras. Apesar de também ser possível que entidades brasileiras depositem patentes em órgãos de outros países, os números apresentados apontam para uma baixa relevância da propriedade intelectual brasileira de software no próprio cenário nacional, indicando que a representatividade no exterior seja até menor.

As análises feitas até o momento são reflexo da atuação de todos os atores que trabalham com pesquisa no Brasil. É importante, no entanto, analisar especificamente o papel das universidades brasileiras que são, tradicionalmente, relevantes na pesquisa básica. Em geral, os acadêmicos são incentivados a produzir publicações e artigos, deixando relegado o incentivo à tradução desse conhecimento em produtos, e possivelmente novas patentes. Executivos do mercado indicam um sentimento de distanciamento entre universidades e empresas atuantes, especialmente no setor de tecnologia. Sem o apoio e a parceria de entidades ou empresas com maior domínio das especificidades demandadas pelo mercado consumidor, o conhecimento gerado nos laboratórios universitários tem poucas oportunidades de ser desdobrado em soluções.

Ainda assim, o Brasil tem alguns exemplos de entidades de pesquisa como o CPQD (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações), o Inatel (Instituto Nacional de telecomunicações) e alguns outros, que conseguem gerir e se relacionar ativamente com universidades e empresas, criando um ambiente que pode ser considerado como referência nacional para a inovação. Entretanto, são casos isolados e não representam o cenário comum do Brasil.

Portanto, de acordo com os pontos analisados, conclui-se que o elo de entidades de pesquisa no Brasil está com baixa maturidade.

Fornecedores de infraestrutura de rede, desenvolvedores e fornecedores de softwares de rede e integradores de sistemas de rede

O surgimento de novas tecnologias, como o 5G, está transformando o mercado de telecomunicações. Nas últimas décadas, as operadoras de telecomunicações adquiriam seus equipamentos de rede que continham soluções completas para realizar suas operações. Na busca por um aumento de produtividade e eficiência das redes, a virtualização de elementos de rede – que já era uma tendência – foi acelerada por essa tecnologia, permitindo um movimento crescente de redes desagregadas. Isso representa uma separação de recursos de rede

[9] Espacenet: plataforma do European Patent Office

tradicionalmente fornecidos em hardware para o software, incentivando a competição e redefinindo o papel de atores do ecossistema. Essa separação promoveu maior relevância para o segmento, dando oportunidade a mais desenvolvedores e fornecedores de estabelecerem a conectividade na infraestrutura, além de aumentar a demanda por integradores de rede, permitindo que os diferentes sistemas se conectem. Dessa forma, essa nova era de conectividade trouxe para as empresas a possibilidade de optar não só pelas soluções verticalizadas, como também por redes desagregadas e pelo Open RAN que, apesar de fazer parte de redes desagregadas, será analisado de forma separada pelo envolvimento do Brasil nessa iniciativa e pela sua relevância.

Ao avaliar as soluções verticalizadas, é importante destacar que elas apresentam um desenvolvimento elevado, estando preparadas para aplicação imediata, pois esse modelo era considerado o padrão para estabelecer a infraestrutura de rede na indústria de telecomunicações nos últimos 20 anos, concentrado em poucos fornecedores. Sob a ótica do 5G, o Brasil tem à disposição equipamentos das três principais empresas nesse segmento: Nokia, Ericsson e Huawei. Apesar de não termos fornecedores nacionais relevantes, esse cenário é similar ao de outros países do mundo, visto que essas empresas estão consolidadas em escala global e na vanguarda dessa tecnologia. Portanto, em um primeiro momento, após a execução do leilão das frequências de 5G, espera-se que as principais operadoras incumbentes utilizem a infraestrutura proprietária desenvolvida por essas grandes empresas[10], como aconteceu em outros países. Dessa forma, entendemos que a maturidade dessa solução no País é mediana, de acordo com o apresentado em escala global.

Por outro lado, as redes desagregadas apresentam um nível baixo de desenvolvimento, por estarmos em um momento de transição para a nova era de conectividade, na qual o mercado ainda é muito incipiente. Sob a ótica do Open RAN, um dos exemplos mais relevantes desse modelo de redes, existem projetos pilotos anunciados em estágio inicial no País como, por exemplo, a inauguração do campo de testes de desenvolvimento de Open RAN da TIM em parceria com a Telecom Infra Project (TIP) e Inatel em Minas Gerais[11], além da parceria entre Telefónica e NEC para testar esse modelo de redes no Brasil[12]. O Open RAN mostra-se uma opção aberta e autoconfigurável, agregando aos benefícios das redes desagregadas, como a possibilidade de redução de custo pelo aumento do número de concorrentes e por aceleração da inovação. Segundo estudos da Goldman Sachs[13], estima-se uma redução de 50% do custo de CAPEX e de 25% de OPEX na implementação de Open RAN, por exemplo. No entanto, atualmente esse modelo de redes ainda apresenta alguns desafios para a sua escalabilidade, como a segurança, interoperabilidade e a padronização.

Em termos de aplicação, as redes desagregadas devem ser utilizadas inicialmente em redes privadas. Entretanto, as operadoras de telecomunicações já estão testando iniciativas, principalmente em Open RAN, para adotá-las em sua infraestrutura. Há uma tendência de que novos entrantes ou operadoras não incumbentes também optem por adotar essa abordagem**.** Um ponto que pode facilitar a entrada desses atores no ecossistema é o compartilhamento de espectro, sendo um instrumento de agilidade e ganho de cobertura para a implementação. Atualmente, porém, há um gargalo em relação a regulamentação de Serviço Limitado Privado (SLP) para atuação em redes privadas perante a Anatel. A organização definiu as faixas entre 2,485 a 2,495 GHz para a prestação de serviços de SLP [14], mas ainda há uma consulta pública para definir o modo de atuação. Além disso, o leilão das bandas de radiofrequência do 5G é um fator influente para esse mercado, pois possibilita uma maior segurança aos atores, além de oferecer escala e uma padronização dos serviços.

No cenário de soluções verticalizadas, predominante para a indústria de telecomunicações ao longo de sua história, foi favorecida uma abordagem de desenvolvimento de data centers próprios[15]. O Sistema de Suporte

[10] Ericsson como fornecedora de operadoras que atuam no Brasil: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2021/08/31/ericsson-esta-com-5g-pronto-para-enviar-as-teles.ghtml
[11] Campo de testes da TIM: https://www.telesintese.com.br/tim-inatel-e-telecom-infra-project-inauguram-campo-de-testes-em-mg/
[12] Acordo entre Telefónica e NEC: https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2021/09/telefonica-e-nec-fazem-acordo-para-implementar-open-ran-em-4-mercados-incluindo-brasil.html
[13] Estudo da Goldman Sachs: https://www.goldmansachs.com/insights/pages/gs-research/5G-moving-from-the-lab-to-the-launchpad/report.pdf
[14] Faixas de radiofrequência para SLP: https://www.telesintese.com.br/anatel-libera-faixa-de-24-ghz-para-servico-limitado-privado/
[15] Transição em relação ao data center pelas operadoras de telecomunicações: https://www.viavisolutions.com/en-us/literature/hyperscale-and-5g-future-now-white-papers-books-en.pdf

de Negócios (BSS) e o Sistema de Suporte de Operações (OSS) eram desenvolvidos em elementos físicos e dedicados à sua infraestrutura, com grande dependência dos fornecedores desses elementos e soluções, como Netcracker e Amdocs.

O 5G, em conjunto com as novas arquiteturas provenientes da virtualização das redes e utilização de computação em nuvem, está promovendo impactos diretos para a infraestrutura desse segmento, com a introdução de novos serviços e transformações para o BSS e OSS. Essa nova tecnologia surge em um ambiente desagregado, baseada em nuvem, permitindo que parte das funções de operações possam ser virtualizadas, dissociadas e desenvolvidas em arquiteturas abertas. Com isso, o controle dos recursos de rede para o 5G precisa ser centralizado, permitindo uma gestão fim a fim, contando com mecanismos automação e auto-organização de rede. Além disso, o 5G exigirá suporte para OSS e BSS em relação ao Network Slicing, ambos em termos de gestão e alocação das fatias de rede, como por exemplo, garantia do SLAs e *billing* por *slices*, entre outros serviços. Esses sistemas deverão suportar complexos massivos de Internet das Coisas, serviços de missão crítica e baixa latência, além daqueles já providos pelas gerações anteriores.

Nesse contexto, plataformas de Big-Data, Analytics, Machine Learning e Inteligência Artificial farão parte dos sistemas de OSS e BSS modernos. Adicionalmente, a utilização de IA será essencial para garantir a segurança cibernética das redes desagregadas, detectando quaisquer tentativas de invasão e mau funcionamento de algum dos componentes da rede, e coordenação dos elos, operacionalizando a comunicação entre as diferentes partes desse novo ecossistema. Um ecossistema mais expansivo, colaborativo e diverso de rede necessitará de apoio dessa infraestrutura, tanto de Cloud Computing como de Edge Computing para fornecer performance, escalabilidade e confiabilidade, além de acelerar a inovação.

Portanto, os serviços que antes estavam presentes nas soluções verticalizadas e centralizados de OSS e BSS precisam ser desenvolvidos e adaptados para esse novo cenário, em conjunto com os sistemas de nuvem e computação na ponta, gerando oportunidades ao ecossistema brasileiro. Um estudo da Cisco[16] estima que o tráfico em nuvem crescerá 3,3 vezes entre 2016 e 2021, enquanto conforme uma análise da Gartner[17] espera-se que 75% dos dados gerados por empresa serão criados e processados na ponta até 2025, em contraponto aos 10% apresentados em 2018. Além disso, conforme dados da Associação Brasileira de Empresas de Software (ABES)[18], entre 2019 e 2023, o Edge Computing possui um CAGR esperado de 16% no Brasil.

Para atender a essa demanda, o Brasil possui as principais empresas mundiais de cloud, como Amazon, Microsoft e Google, atuando em território nacional para fornecer a infraestrutura, e fornecedores de elementos e soluções para OSS e BSS, como Netcracker e Amdocs. Embora já existam empresas nacionais se posicionando para atender esse mercado, como CPQD e Sensedia, ainda há espaço para o desenvolvimento de mais atores nacionais para atender a demanda, pelo crescimento elevado esperado nesse segmento.

Com base nesses fatores, considera-se que a maturidade desse segmento é mediana no Brasil, pois está de acordo com o que ocorre em outros países do mundo. Pelo paradigma das últimas décadas, os fornecedores de infraestrutura de rede, representados pelas soluções proprietárias, apresentam uma maturidade mediana. No entanto, analisando pela ótica da nova era da conectividade, os elos de desenvolvedores e fornecedores de softwares de rede e integradores de sistemas de rede que substituem as soluções proprietárias apresentam uma maturidade baixa de maneira abrangente em termos de redes desagregadas, enquanto fornecedores de infraestrutura de rede e soluções de redes desagregadas focadas em Open RAN apresentam um nível mediano.

Pode-se dizer que o ecossistema brasileiro provavelmente terá duas principais ondas de implementação deste elemento: (i) incumbentes implementarão as soluções proprietárias devido à escala, maturidade das soluções de rede, segurança e cronograma de contrapartidas do leilão, acompanhado pelo desenvolvimento de testes em Open RAN e redes desagregadas para redes privadas e operadoras não incumbentes; (ii) um aumento de

[16] Estudo da Cisco: https://www.cisco.com/c/dam/assets/sol/sp/gci/global-cloud-index-infographic.html
[17] Estudo da Gartner: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders

estruturas desagregadas incluindo o Open RAN com uma maior diversificação de atores na horizontal de desenvolvimento de soluções de rede.

Desenvolvedores e fornecedores de software para soluções

Este elo é o responsável pelo desenvolvimento das soluções e aplicações de software nacional e, em consonância, as startups têm ganhado significância no oferecimento de soluções inovadoras para o setor. Ao longo desta análise, para compreender a maturidade deste ator, serão apresentados três principais critérios que foram formados e coletados por meio das entrevistas e da pesquisa exploratória: (i) presença das empresas do segmento; (ii) disponibilidade de mão de obra; e (iii) capacidade de inovação, por meio da presença de startups.

O mercado de software no Brasil atualmente possui cerca de 24.135 empresas dedicadas ao desenvolvimento, aplicação e oferecimento de serviços relacionados. Quando fragmentamos este número, de acordo com a ABES[18] (Associação Brasileira das Empresas de Software), em 2020 observou-se que o segmento de software de desenvolvimento e de aplicações representa cerca de 26,7% do mercado como um todo, sendo a categoria menos expressiva – o que indica pouca representatividade no País. A de serviços (41,9%) é considerada a maior, seguida pela categoria de distribuição (31,3%). Um fator que impacta diretamente o desenvolvimento deste elo é a quantidade de profissionais disponíveis no mercado.

Por meio dos números coletados e das entrevistas realizadas neste estudo, capturou-se o *insight* de que os profissionais da área são considerados escassos, tornando este um dos principais desafios a ser enfrentado no País para promover a evolução do mercado nacional. A falta de mão de obra especializada e de qualidade também pode ser explicada pelo baixo número de profissionais que se formam anualmente e, dos que concluem o ensino superior, ainda há a fuga de capital humano – também conhecida como *brain drain*, ou seja, os estudantes que se formam no Brasil tendem a buscar oportunidades no exterior. De acordo com um estudo da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) realizado em 2008[19], o País possuía a demanda de 40 mil profissionais por ano, mas concluíam a graduação apenas cerca de 17 mil. Recentemente, um novo estudo, desta vez realizado pela Brasscom (Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação), diz que o mercado tem 845 mil empregos no setor de Tecnologia da Informação no Brasil, e a demanda anual por novos talentos projetada entre 2019 e 2024 está em 70 mil profissionais. Entretanto, apenas 46 mil pessoas se formam por ano no ensino superior com o perfil necessário para preencher essas vagas. Logo, projeta-se um déficit de 290 mil profissionais em 2024.

Espera-se que com o avanço da digitalização e a introdução das novas tecnologias, como o 5G, este número seja ainda maior atualmente. O perfil buscado pelas empresas, em sua maioria, é o de desenvolvedores – entretanto, engenheiros e arquitetos de softwares acabam assumindo esta posição por conta da escassez desses profissionais. Como consequência, isso gera um risco para o crescimento da indústria nacional.

Um outro fator importante para este elo é a criação e desenvolvimento de bibliotecas de código para uso na programação e integração de sistemas e aplicativos de soluções baseadas em 5G, seja para realizar análise massiva de dados ou para aprendizado de máquina, entre outras aplicações. Atualmente, as empresas nacionais fazem aquisições em grande volume dessas bibliotecas, o que demonstra a sua relevância nesse segmento. Dessa forma, obter esse conhecimento pode movimentar muito a indústria nacional, pois funcionaria não só como um acelerador de desenvolvimento de novas iniciativas locais, mas também como uma forma de inserir o Brasil no ecossistema global de software, como forma de exportação.

Como parte deste elo, existem as startups de desenvolvimento de aplicações de software, que exercem o papel de induzir o mercado na criação e fomento de novas tecnologias por meio da capacidade de empreender do negócio. No cenário mundial, de acordo com a análise realizada pelo Crunchbase, as regiões que mais se destacam

[18] Panorama sobre o mercado brasileiro de *software* da ABES: https://abessoftware.com.br/wp-content/uploads/2021/08/ABES-EstudoMercadoBrasileirodeSoftware2021v02.pdf
[19] Tele.Síntese: https://www.telesintese.com.br/o-brasil-precisa-de-40-mil-programadores-por-ano-forma-17-mil/

pela presença de unicórnios de software são Estados Unidos, que possuem cerca de 46%; China, com aproximadamente 7% e Índia, com cerca de 5%. O mesmo ocorre com as startups que estão desenvolvendo soluções voltadas ao 5G, pois os países que se destacam são: Estados Unidos, com aproximadamente 43%; Índia, com presença aproximada de 7% e China, com cerca de 6%. Portanto, no Brasil, a presença de startups com *core* em software é baixa, assim como a sua maturidade neste aspecto.

Ao unir a baixa presença de empresas e startups de soluções de software e a escassez de mão de obra, percebe-se um nível de maturidade baixo e inicial aos desenvolvedores e fornecedores de soluções do Brasil. Contudo, diante das tendências, há expectativa de amadurecimento deste elo. Em complemento às tendências do mercado, o papel dos pequenos negócios será de grande relevância, pois a expectativa é que eles consigam desenvolver as soluções adequadas às novas estruturas de rede que estão surgindo[20]. Além disso, para ajudar na formação de novos profissionais, o setor privado tem se movimentado por meio da criação de programas que promovam o conhecimento aos novos desenvolvedores, sejam eles para a especialização em algum tipo de linguagem[21] ou para estudantes[22]. Dentro da perspectiva futura, esse tipo de ação se tornará mais popular no mercado. Já sob a ótica das startups, tem ocorrido parceria entre as empresas privadas e esses novos negócios para fomentar a pesquisa de novas tecnologias. Por fim, conforme a evolução deste elo ocorrer, uma medida de sucesso para acompanhar a maturidade será a durabilidade das soluções que serão implementadas no mercado.

Integradores de sistema de soluções

Integradores de sistemas de soluções são empresas dotadas de conhecimento técnico para lidar com sistemas e hardwares diversos, conseguindo modificar ou adaptar um equipamento, sistema ou processo com objetivo de entregar uma solução específica para seus clientes. Fazem a conexão entre a necessidade do cliente final e a tecnologia existente no mercado, sendo fundamentais para que as soluções sejam implementadas de maneira funcional. Para avaliar esse elo, vamos utilizar um critério qualitativo sobre o nível de preparação dos integradores de soluções para o cenário de aplicações que serão baseadas no 5G.

Entre as capacidades essenciais para os integradores de sistema estão a programação e adaptação dos elementos que fazem parte de uma solução. Com a introdução do 5G, há uma tendência de aceleração da virtualização dos sistemas. Nesse contexto, haverá mudanças significativas na maneira em que a arquitetura das aplicações é feita, com maior ênfase no processamento em nuvem e, por consequência, maior relevância de softwares correlatos.

De acordo com executivos de mercados entrevistados para esse estudo, existem poucos atores relevantes de integração de soluções no Brasil e, a esses atores falta, de maneira geral, o conhecimento específico aprofundado para as demandas de virtualização essenciais com a popularização das novas aplicações. As integrações de aplicações pré-5G são, usualmente, com base em arquiteturas de processamento local, em que o conhecimento necessário para prover o funcionamento das soluções é bem dominado pelos integradores.

Por conta da atual escassez de domínio das capacidades necessárias para integração dos novos tipos de aplicações e arquiteturas virtualizadas alavancadas pelo 5G, considera-se que o nível de maturidade desse elo é baixo. Porém, existe potencial de aumento de maturidade, uma vez que as novas soluções sejam lançadas massivamente e mais conhecimento técnico específico seja agregado aos integradores, aumentando o contato com tecnologias de nuvem e virtualização de processamento.

[20] Panorama sobre o mercado brasileiro de software da ABES: https://abessoftware.com.br/wp-content/uploads/2021/08/ABES-EstudoMercadoBrasileirodeSoftware2021v02.pdf
[21] Programa de formação de desenvolvedores do C6 Bank: https://www.tudocelular.com/mercado/noticias/n178216/c6-bank-lanca-programa-de-formacao-remunerado.html
[22] VTEX lança programa para formar desenvolvedores: https://exame.com/carreira/vtex-lanca-programa-com-10-mil-bolsas-para-formar-desenvolvedores/

Fornecedores de serviços de telecomunicações

Este elo é o responsável por comercializar os serviços de telecomunicações, que engloba as etapas desde implementação até a manutenção dos equipamentos. Sob o aspecto de criação, os fornecedores de serviços também podem atuar no desenvolvimento de soluções. Ao longo desta análise, para compreender a maturidade destes atores, serão apresentados os principais critérios que foram formados e coletados por meio das entrevistas e da pesquisa exploratória: (i) cobertura de internet do País; (ii) qualidade da internet no Brasil (iii) assinantes por conexões; (iv) principais grupos de telecomunicações no Brasil e a participação de mercado por atores; e (v) tendências do mercado.

O mercado de telecomunicações no Brasil tem se transformado à medida que as tecnologias avançam e possibilitam o acesso aos novos serviços. Os dados divulgados pela Anatel mostram uma mudança de paradigma no acesso à internet. Em agosto de 2021, aproximadamente 94,9%[23] dos municípios brasileiros estavam cobertos pela tecnologia 4G, sendo as operadoras que oferecem as maiores coberturas a TIM, seguida pela Vivo e a Claro. Isto demonstra que o acesso a serviços especializados de telecomunicações está chegando em áreas mais afastadas dos centros urbanos do País, de modo a permitir o desenvolvimento de negócios e da população como um todo, o que contribui positivamente à avaliação de maturidade deste elo.

Para fins de compreensão, vale destacar que um município é considerado atendido quando a área de cobertura é equivalente a pelo menos 50% da sua área urbana. Portanto, quando é dito como atendido, contabiliza-se a totalidade de sua população como coberta.

Além da cobertura, torna-se importante analisar a qualidade da rede fornecida no País. A Anatel realiza em seu site a divulgação e acompanhamento de indicadores[24], considerados os mais relevantes para mensurar o nível de excelência dos serviços prestados no Brasil de telefonia móvel, banda larga fixa, telefonia fixa e TV por assinatura. Dentro do setor de telefonia móvel, analisou-se com mais detalhes os três indicadores relacionados à avaliação da qualidade da rede, descritos abaixo:

- Taxa de Conexão de Dados – este indicador tem como meta ter 98% das conexões estabelecidas, do total de tentativas de conexão de dados entre 10h e 22h.
- Taxa de Queda de Conexão de Dados – define que as quedas de conexões do total de conexões de dados estabelecidas, das 10h às 22h, devem ser menores que 5%.
- Garantia da Taxa de Transmissão Média Contratada – estipula que mais de 80% dos serviços devem atender o mínimo da taxa de transmissão contratada nas medições realizadas entre 10h e 22h.

Nesse cenário, os 3 indicadores apresentam 96,8% de cumprimento das metas, nos quais apenas 6 estados apresentam atingimento de 100% (Alagoas, Amapá, Pernambuco, Paraná, Roraima e Santa Catarina). Em conjunto, sob a ótica de velocidade, o Brasil está em 77º de 140 países para Serviço Móvel Pessoal (SMP) e em 44º de 180 países no ranking de Serviço de Comunicação Multimídia (SCM), de modo a estar abaixo da média de velocidade em ambas as classificações, segundo dados de agosto de 2021 da Speedtest[4]. Esses fatores indicam uma necessidade de desenvolvimento e oportunidades de crescimento do elo neste quesito.

[23] Dados da Teleco: teleco.com.br
[24] Indicadores da Anatel: https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/qualidade/panorama

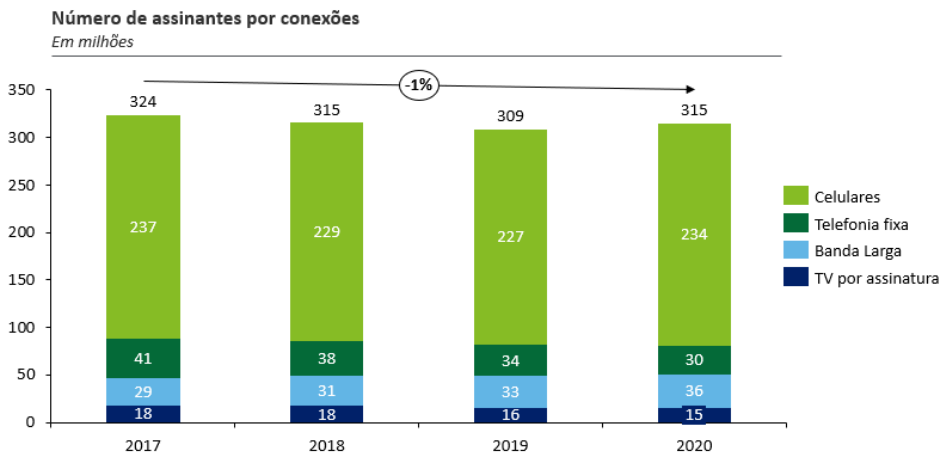


Figura 4 – Número de assinantes por conexões[25]

Podemos separar os quatro setores citados anteriormente em dois grandes blocos: fixo e móvel. No primeiro há a banda larga fixa, telefonia fixa e TV por assinatura. No segundo há todo tipo de serviço móvel. Observa-se um declínio no uso de telefones fixos e na TV por assinatura, o que pode ser explicado pela adesão dos serviços de streaming. Já para os celulares, embora o número tenha caído de 2017 a 2019, este segmento voltou a crescer em 2020, de modo a impactar positivamente a maturidade do elo.

O mercado de telefonia móvel é concentrado. Embora a privatização do setor tenha sido incentivada com base nos conceitos de competição entre as empresas, ocorreu de fato a formação de grandes grupos atuantes, processo que vem se acentuando nos últimos dez anos por meio das fusões e aquisições entre os agentes – por exemplo, a compra da Nextel pelo grupo América Móvil em 2019. Conforme a

Figura 5 abaixo, os grupos se configuram da seguinte maneira, por participação de mercado por atores:

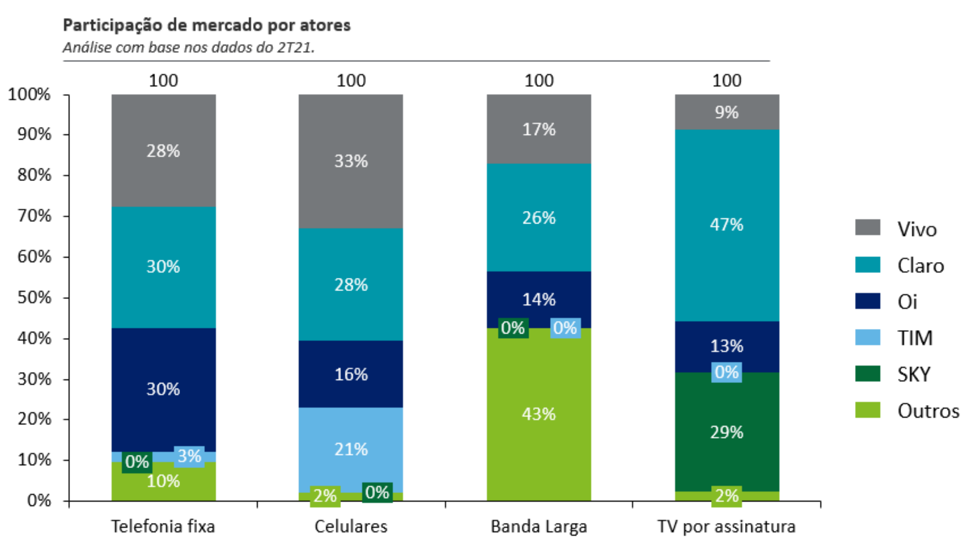


Figura 5 – Participação de mercado por atores[26]

Dados da Teleco: teleco.com.br

Contudo, o mercado de banda larga fixa é considerado pulverizado. A nova Lei Geral das Telecomunicações aprovada em 2019, junto à redefinição pela Anatel dos critérios dos Prestadores de Pequeno Porte, promoveu a dinamização do segmento por meio da competição. As grandes operadoras estão buscando criar as suas próprias redes de fibra, enquanto as pequenas empresas estão recebendo aportes de fundos de investimentos. Esta pode ser considerada uma característica de amadurecimento do elo, afinal o mercado estará pronto para absorver essas novas empresas e soluções. A mudança regulatória foi um dos principais marcos para a pluralização do setor mas, atrelado a isso, ocorrem outras alterações significativas, como a previsão do leilão do 5G e o surgimento dos marketplaces das operadoras.

Em complemento à avaliação deste elo, torna-se relevante compreender quais são os projetos em destaque contemplando o aspecto de inovação e aderência do mercado nacional às novas tendências de telecomunicações.

- Projeto TIM e TIP: A TIM Brasil e o Telecom Infra Project (TIP) anunciaram o projeto que visa selecionar empresas para propor soluções baseadas em um sistema desagregado de redes. A TIM Brasil, membro ativo do TIP e empresa hospedeira do TIP Community Lab, faz parte do grupo colaborativo mundial responsável pelo desenvolvimento de dispositivos. A companhia optou por selecionar as empresas Alpha Networks, Delta Networks, e Edgecore Networks para a plataforma hardware; e Adva, IP Infusion, e Volta Networks para o software.
- Desagregação de redes e Open Wi-Fi: O TIP criou uma iniciativa com a participação do Facebook Connectivity e empresas brasileiras com o objetivo de desenvolver inteligência nos controladores e na nuvem, visando compreender os problemas que acontecem na rede, de forma a possibilitar a atuação sobre eles, trazendo novos modelos de operação.

Ainda sob a ótica de inovação, as startups estão movimentando os investidores com suas soluções para o mercado e, como resposta, as grandes operadoras de telecomunicações estão criando suas próprias aceleradoras internas, como é o caso da Wayra – hub de inovação aberta do Grupo Telefónica que visa gerar negócios entre startups e a empresa. Um outro exemplo a ser citado é o programa de aceleração da Algar, uma iniciativa para auxiliar o ecossistema empreendedor.

Em suma, este elo apresenta maturidade mediana, com base nos critérios que foram apresentados e explicados acima. Contudo, é crucial destacar que, por mais que a cobertura por municípios seja alta (acima de 90%), atrelada ao fato de que o mercado possui grandes grupos de telecomunicações à frente do desenvolvimento das soluções e, também, que os projetos que estejam ocorrendo de acordo com as tendências de telecomunicações, ainda é um desafio no Brasil o aspecto de mão de obra qualificada para implementar essas diferentes tecnologias. Em segundo ponto, com a chegada do 5G, o País terá um desafio em propagar a infraestrutura adequada como um todo, especialmente aos locais de difícil acesso – como os interiores das cidades e as regiões mais afastadas, visto que essa tecnologia demanda mais antenas que o 4G.

Avaliação da maturidade de atores indiretos do ecossistema

Entidades públicas e paraestatais

As entidades públicas e paraestatais no Brasil possuem um papel amplo, atuando em diversas frentes do fomento e apoio ao desenvolvimento da economia nacional passando pela regulação do setor de telecomunicações. São também responsáveis por direcionar o desenvolvimento do ecossistema por meio de políticas públicas e incentivos e de regulamentar e definir as diretrizes de atuação dos atores no ecossistema. Neste sentido, para avaliar a maturidade dessa atuação das entidades públicas e paraestatais no segmento avaliamos três principais aspectos: (i) disponibilização de bases para o desenvolvimento local do 5G, (ii) fomento do desenvolvimento de softwares 5G e (iii) avaliação qualitativa na perspectiva de outros elos do ecossistema.

Para entendermos a disponibilização de bases para o desenvolvimento local de 5G é necessário avaliar os requisitos básicos para esse desenvolvimento: a infraestrutura e a regulação. Para o caso de infraestrutura no Brasil, as entidades públicas e paraestatais não são os principais fornecedores de estruturas físicas ou tecnológicas, mas definem disponibilidade e distribuição de frequências por meio de leilão.

Sob a ótica de fomento ao estabelecimento do ambiente físico, a Lei das antenas é uma iniciativa do governo para desburocratizar a instalação de torres de antenas no País. A nova legislação concede autorização automática para instalação de infraestrutura de telecomunicações em até 60 dias caso não haja manifestação por parte de órgãos ou entidades municipais. Dessa forma, as operadoras podem instalar novas antenas caso o pedido de autorização esteja de acordo com a legislação e as condições do requerimento apresentado. Essa mudança era necessária pois existem mais de 200 leis municipais para a instalação de torres no País, cada uma com uma burocracia específica, o que resulta em lentidão ao processo.

Apesar de ser um grande marco para avanços na instalação de novos sites, a Lei de Antenas ainda não é uma realidade em muitos municípios brasileiros, resultando em um cenário geral complicado. Segundo dados da sexta edição do ranking das Cidades Amigas da Internet[27], realizada pela Teleco, com patrocínio da Conexis e da Abrinte, 98% dos municípios não atendem o prazo legal de 60 dias para o licenciamento, 87% exigem novas licenças a cada nova tecnologia, 41% têm requisitos de licença ambiental mesmo fora de áreas de preservação e 73% ainda exigem licenciamento de equipamentos de pequeno porte, ao contrário do proposto pela lei.

No caso da definição de disponibilidade e distribuição de frequências, espera-se para novembro de 2021 que o maior leilão de frequências da história do País aconteça para o 5G. Este leilão terá caráter não arrecadatório e, segundo a última versão do edital de 5G no Brasil (publicado em 24 de setembro de 2021), deve movimentar cerca de 49,7 bilhões de reais: (i) 10,6 bilhões para pagamento de outorgas, ou seja, pelo direito de explorar comercialmente o 5G, valor que irá para o caixa do governo e (ii) 39,1 bilhões seriam em contrapartidas estabelecidas pela Anatel (órgão de regulação do setor, responsável por definir as regras do leilão).

Neste leilão serão oferecidas às operadoras de telefonia quatro faixas de frequência: 700 MHz; 2,3 GHz; 3,5 GHz; e 26 GHz. O edital prevê, para cada uma das quatro faixas, contrapartidas que terão que ser cumpridas pelas empresas vencedoras do leilão, das quais pode-se citar:

- Disponibilizar 5G nas capitais do País até julho de 2022;
- Levar internet 4G para as rodovias do País;
- Construir rede privativa de comunicação para a administração federal;
- Levar internet móvel de qualidade às escolas públicas de educação básica.

O leilão não prevê a exclusão de empresas ou grupos específicos da participação, como é o caso de alguns países observados no benchmark internacional quanto a tecnologias chinesas como a da Huawei. O caráter não arrecadatório do leilão é um ponto positivo para o desenvolvimento da tecnologia, pois permite que o investimento das vencedoras dos leilões seja direcionado para a implementação da infraestrutura. O fator que preocupa alguns atores do mercado é o valor e quantidade de contrapartidas atreladas às bandas de frequência.

Ao analisarmos a disponibilização de bases para o desenvolvimento local do 5G por meio do leilão, podemos comparar por duas óticas: (i) países com características econômicas similares ao Brasil, como Rússia e Índia e (ii) com países líderes na implementação da tecnologia como Coreia do Sul, China e Estados Unidos.

A Rússia realizou em 2020 a alocação de bandas de frequências 5G no país e encontra-se em um estágio inicial com zonas piloto, enquanto a Índia ainda não realizou o leilão e estima que a alocação de bandas de frequência ocorra em 2022/2023. A Coreia do Sul realizou seu leilão de frequências 5G em 2018 – mesmo ano em que a China concedeu frequências para o 5G – e os Estados Unidos realizou diversas rodadas de leilões 5G com as primeiras frequências alocadas no início de 2019. A disponibilização de frequências para o 5G seguidas por uma

[27] Dados da pesquisa: https://www.telesintese.com.br/wp-content/uploads/2021/09/Ranking-Cidades-Amigas-2021.pdf

boa implementação da infraestrutura base desbloqueiam o ecossistema para o desenvolvimento da tecnologia em todos os aspectos, possibilitando que o ecossistema tenha acesso para criação de aplicações e testes. Neste critério, caso o leilão ocorra em 2021, o Brasil se antecipa a países de características econômicas semelhantes, mas não lidera o movimento.

Seguindo com o critério de fomento do desenvolvimento de softwares 5G por parte das entidades públicas e paraestatais, podemos analisar alguns aspectos como: (i) direcionamento do governo, (ii) incentivos indiretos e apoio financeiro direto.

No aspecto de direcionamento do governo, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) está elaborando a Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração (5G), buscando trazer um diagnóstico de desafios ainda a serem enfrentados, uma visão das potencialidades e um mapeamento das oportunidades propiciadas pela tecnologia 5G no Brasil. O MCTI lançou em julho de 2019 uma consulta pública com cinco eixos temáticos: (i) radiofrequência; (ii) outorga e licenciamento; (iii) pesquisa, desenvolvimento e inovação; (iv) aplicações; e (v) segurança no ambiente 5G[28]. Essa Consulta Pública resultou em diretrizes para a implantação da tecnologia 5G (Publicação da Portaria nº 1.924, de 29 de janeiro de 2021) relacionada ao leilão de frequências, e mostra um alinhamento da estratégia com o Estudo de Internet das Coisas[29] – utilizado para subsidiar a elaboração do Plano Nacional de IoT – focada em cidades, saúde, rural e indústria. Em termos de aplicações não existem ainda políticas específicas implementadas relacionadas ao 5G, principalmente pelo foco inicial na definição da implantação da infraestrutura com o leilão. Não se observa também um desdobramento direto da consulta pública citada para uma estratégia com foco na camada de aplicações até o momento.

Os principais meios de incentivos indiretos que impactam o segmento no momento são a Lei da Informática (Lei 13.969/2019)[30] e a Lei do Bem (Lei 11.196/05)[31]. A primeira concede incentivos fiscais para empresas do setor de tecnologia que tenham por prática investir em Pesquisa e Desenvolvimento, incentivando investimentos em inovação no setor de TIC para indústrias brasileiras com produção fundamentalmente nacional. A segunda concede incentivos fiscais às empresas que realizem projetos de Pesquisa & Desenvolvimento com o objetivo de incentivar a inovação nas empresas brasileiras (não necessariamente TIC). Além dessas leis, há: i) iniciativas recentes que impactam o ecossistema como o marco legal das startups e do empreendedorismo inovador (Lei complementar 182/2021)[32], que fomenta o ecossistema de inovação e estimula a criação de ambientes regulatórios experimentais ou sandbox regulatórios; ii) a Lei da Inovação Tecnológica (Lei 10.973)[33], que estimula as parcerias entre instituições acadêmicas e o setor produtivo brasileiro; iii) bolsas de pesquisas por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que estimulam a capacitação de qualidade de profissionais para o mercado.

Dentro das ferramentas de fomento disponíveis atualmente para as entidades públicas e paraestatais, observamos uma abrangência de assuntos, cobrindo IoT, inovação, hardware ou manufatura, mas não existe um direcionamento para o fomento específico no desenvolvimento de softwares ou 5G. Desta forma, podemos dizer que existe uma maturidade deste elo em fomentar o ecossistema, permitindo que inclusive o setor privado seja responsável por parte desse investimento, apesar de não existir um direcionamento específico incentivando os softwares, mas que pode ser ajustado para atender essas demandas.

Por fim, analisando qualitativamente as percepções de atores do ecossistema sobre o papel específico do governo nesse ambiente, podemos perceber que existem alguns elos que esperam um papel mais ativo no segmento, seja como um orquestrador ou como um direcionador. Grande parte dessa expectativa no mercado está relacionada com a definição do leilão, de regulações como direitos do consumidor, obrigações de qualidade e

[28] Estratégia Brasileira de Redes 5G: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/sessaoPublica/sessao_publica/estrategia5g.html
[29]Estudo de IoT: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/internet-das-coisas-estudo-repositorio
[30] Lei da Informática: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13969.htm
[31] Lei do Bem: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm
[32] Marco legal das startups e do empreendedorismo inovador: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp182.htm
[33] Lei da Inovação Tecnológica: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm

normas e de uma estratégia ou aspiração de governo clara para a tecnologia e que tenham ações e políticas relacionadas que mostrem a intenção do País em relação à tecnologia.

Portanto, podemos avaliar o elo de entidades públicas e paraestatais como uma maturidade mediana. Caso o leilão ocorra em 2021, estaremos em uma ótima posição entre os países de característica similar ao Brasil, mas atrasados em relação aos países que já implementaram o 5G. Possuímos diversas políticas e estruturas abrangentes e não focadas em fomentar software ou 5G e, alinhado a isso, não existe um direcionamento claro sobre a aspiração do País em se tornar um destaque no desenvolvimento de softwares, que faz com que o setor privado não se movimente nesta direção.

Associações de empresas

As associações de empresas no Brasil representam o interesse dos grupos de associados, aumentando seu poder de influência e permitindo uma maior troca de informações e conhecimentos, além de facilitar parcerias e discussões com outros atores como governos e agências reguladoras.

Para analisar o nível de maturidade deste elo, observamos (i) a representatividade e (ii) a relevância das associações. Isso está diretamente relacionado ao nível de desenvolvimento médio das empresas associadas, de seus representantes ou do interesse dos associados, que acabam definindo e direcionando as discussões prioritárias para as associações. Como analisado nos elos dos atores diretos do ecossistema, grande parte ainda não está pronta para discutir, implementar e desenvolver a tecnologia 5G no Brasil. Isto se deve principalmente pela falta de conhecimento sobre as capacidades desta tecnologia, fazendo com que o tema não apareça especificamente na pauta de muitas discussões e fomento gerado nestes campos. Contribui negativamente também a falta de infraestrutura ou ambientes que facilitem esse desenvolvimento ou testes para grande parte dessas empresas.

No Brasil, existem diversas associações de abrangências e representatividades diferentes, representando desde polos regionais específicos ou indústrias locais até associações de cunho nacional que representam grande parte das empresas do segmento. Algumas dessas associações nacionais possuem como parceiros ou associados empresas que são fora do elo que representam, mas que se relacionam com o segmento de alguma forma. Ainda não existem associações especificas para cobrir o 5G no País com grande relevância, fazendo com que o assunto seja tratado com associações que tangenciam o tema a partir de associações como as de inovação, de telecomunicações ou de softwares de maneira mais abrangente.

Devido a essa dispersão dos atores que podem se relacionar ao desenvolvimento do ecossistema de software 5G no Brasil, para que haja um fomento relevante por parte das associações é necessário coordenação entre os diversos elos que ainda não existem no País de maneira clara.

Portanto, podemos concluir que o elo de associações de empresas está com uma baixa maturidade quanto ao tema de softwares 5G e deve ser influenciado principalmente pelo avanço das discussões ou maturidade dos associados e parceiros quanto ao desenvolvimento da tecnologia no País.

Entidades privadas de investimento

O elo das entidades privadas de investimento é representado por empresas ou fundos de capital de risco, aceleradoras e incubadoras. É um elemento que vem ganhando destaque, estabelecendo-se como fonte de inovação, de estímulo para o desenvolvimento econômico e que possui um papel ativo em países que lideram a implementação e adoção do 5G.

O governo brasileiro já se movimenta há alguns anos para estimular esta cadeia por meio de leis como a Lei do Investidor Anjo (Lei Complementar 155/2016), que facilita a participação de investidores nas fases iniciais das startups no País.

Além disso, o mais recente marco legal das startups e do empreendedorismo inovador, que entrou em vigor em agosto de 2021, estabeleceu condições mais favoráveis à criação de startups no Brasil, respeitando as particularidades dessas empresas para investimentos, questões trabalhistas e tributárias. Esse novo marco estimula a criação de ambientes regulatórios experimentais – ou sandbox regulatórios –, que viabilizam regimes diferenciados com condições que simplifiquem testes de novos produtos, tecnologias experimentais e serviços a partir da autorização de órgãos ou entidades com competência de regulamentação setorial. O marco regulatório também facilita a interação entre startups e órgãos públicos, incentivando a contratação de serviços e produtos por agentes governamentais.

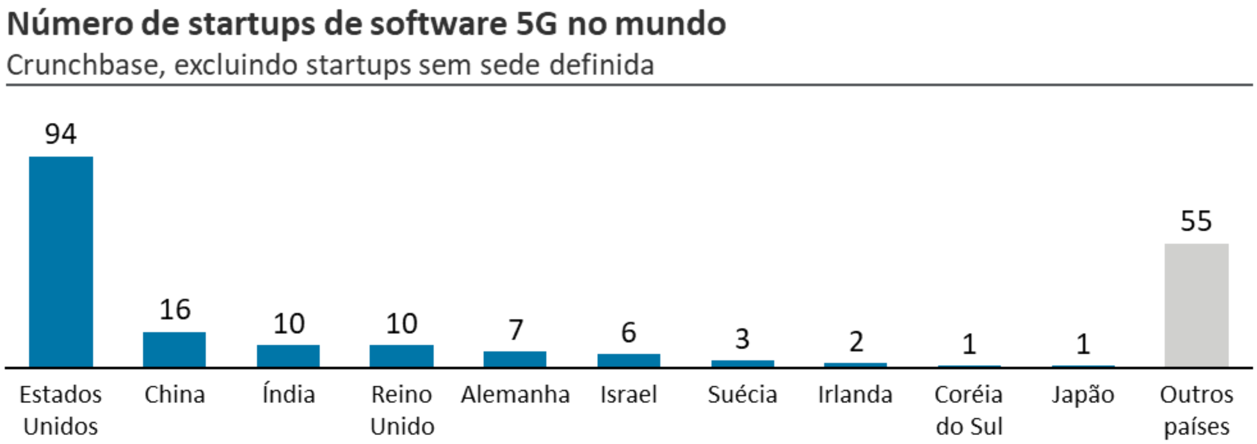


Figura 6 – Número de startups de software no mundo

A Figura 6 representa o número de startups fundadas entre 2011 e setembro de 2021 que desenvolvem softwares voltados ao 5G.

Neste recorte, observam-se dois aspectos que chamam a atenção: a liderança absoluta dos Estados Unidos, que avança rapidamente na implementação do 5G no país e que possui um ecossistema de capital de risco muito maduro[34], e a Índia, que, apesar de ainda não possuir uma implementação tão avançada de 5G, já apresenta uma participação relevante no número de startups de software.

Segundo o banco de dados da Crunchbase (acessado em outubro de 2021), o Brasil ainda não possui nenhuma startup desenvolvendo software 5G. De acordo com atores do mercado, as entidades privadas de investimento ainda não encontraram muitas opções de investimento em startups com esse foco no País, principalmente pela falta de infraestrutura ou ambientes de desenvolvimento e conhecimento do mercado 5G. Entretanto, com o advento do leilão de frequências, previsto para novembro de 2021, esse cenário deve se alterar, possibilitando a criação de algumas startups que desenvolvam soluções baseadas ou alavancadas pelo 5G.

Como o Brasil ainda não apresentou um desenvolvimento relevante em 5G, para avaliarmos a maturidade das entidades privadas de investimento, estudamos os investimentos em startups de softwares no País não vinculadas ao 5G em três aspectos: (i) valor investido, (ii) número de rodadas de investimento e (iii) composição de investimentos por estágio das startups mapeadas, todos considerando a base do Crunchbase para startups de software.

[34] Maturidade de ecossistemas de inovação no mundo: https://www.startupblink.com/startupecosystemreport.pdf

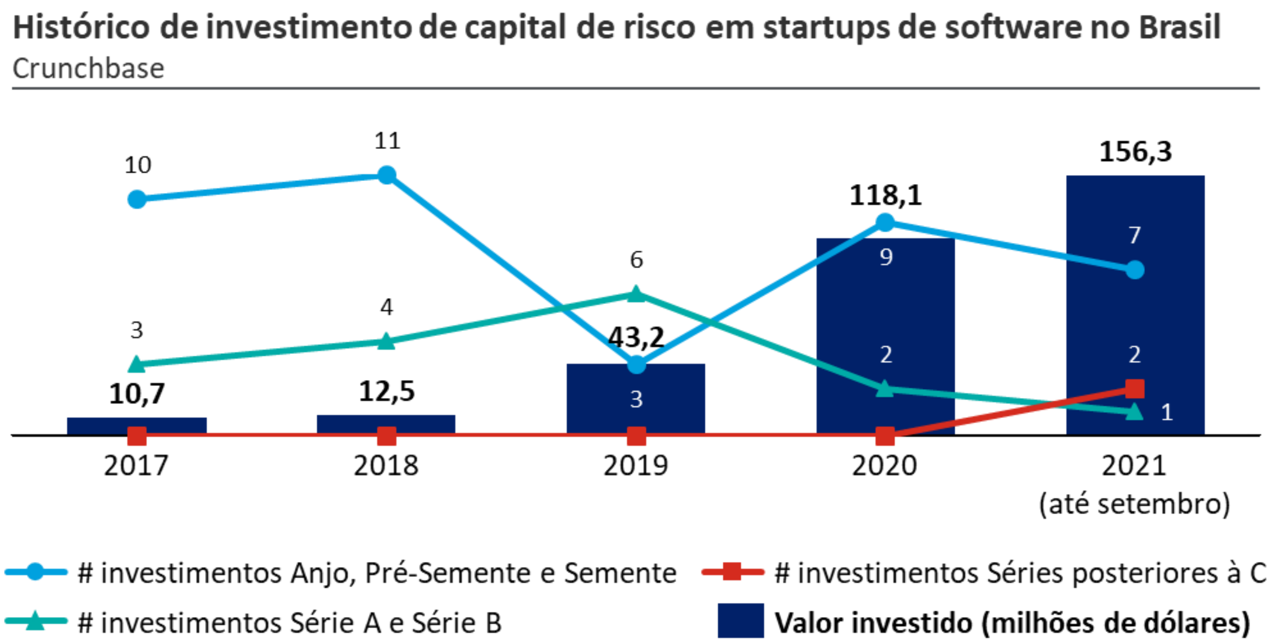


Figura 7 – Histórico de investimento de capital de risco em *startups de software no Brasil*

Na Figura 7, apesar de o Brasil não apresentar um aumento no número de rodadas de investimento, o valor investido nessas startups de software aumentou consideravelmente, mostrando uma certa evolução na maturidade desse elemento no País.

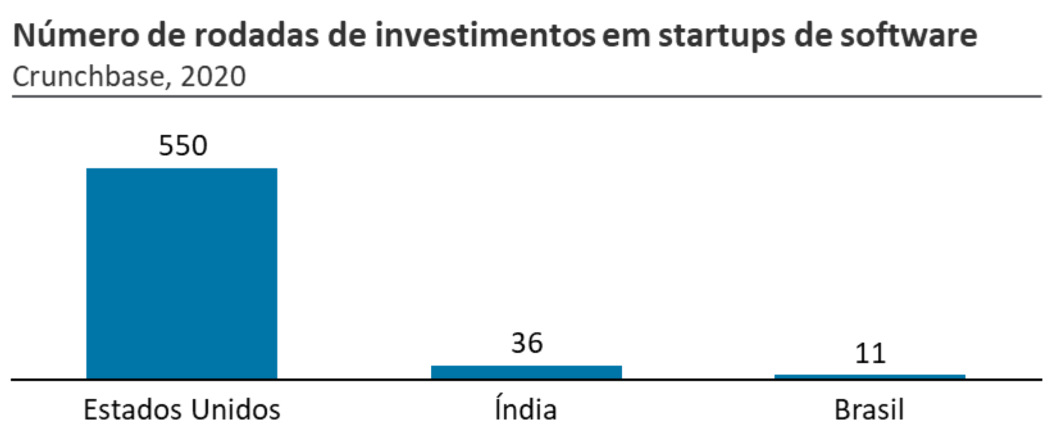


Figura 8 – Número de rodadas de investimentos em startups de software em países selecionados

Mesmo com o aumento do valor investido apresentado anteriormente, o País ainda não possui um alto número de rodadas de investimento, o que compromete essa representação do ecossistema. A Figura 8 ilustra essa diferença entre os Estados Unidos, que possui o maior número de rodadas de investimentos em startups de software mapeadas pelo Crunchbase em 2020, com o Brasil e a Índia, país em desenvolvimento que se destaca no desenvolvimento de softwares.

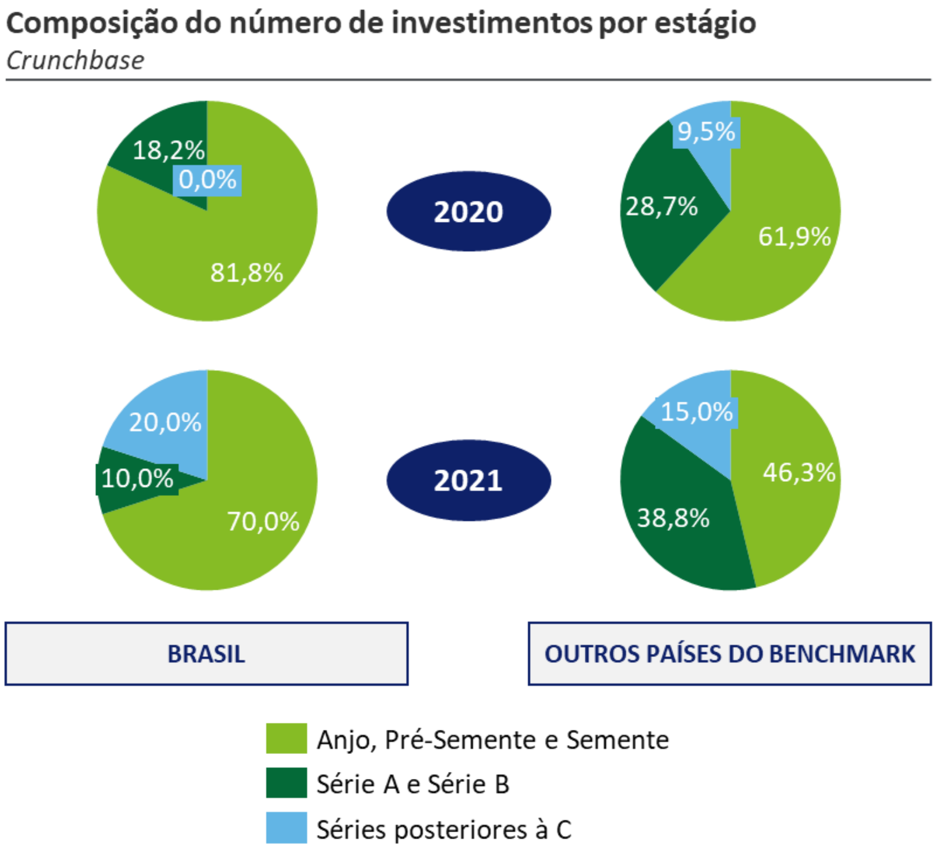


Figura 9 – Composição do número de investimentos por estágio de crescimento das startups de software

Adicionado ao baixo número de rodadas de investimento, observa-se da Figura 9 que, comparado com a média dos outros países da etapa anterior do benchmark internacional com dados disponíveis (China, Coreia do Sul, Japão, Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido, Suécia, Israel, Índia, Colômbia e Irlanda), o Brasil ainda apresenta uma alta representatividade de investimentos nas fases iniciais das startups (Anjo, Pré-Semente e Semente) e se encaminha para o aumento de investimentos mais avançados.

Por se tratar de um ecossistema de capital de risco, muitas das empresas que recebem o aporte nas primeiras rodadas não chegam a rodadas mais avançadas de investimento. Para que o Brasil tenha um maior número de rodadas de investimento posteriores, é necessária uma alta quantidade de investimentos em rodadas iniciais mais estruturadas.

Segundo entrevistas com especialistas do mercado nacional, há maior facilidade em conseguir capital para investimento em rodadas mais avançadas de investimento, com menor risco comparado a rodadas de investimento anteriores. Ou seja, existe uma dificuldade maior em se conseguir investimentos para transformar ideias em produtos do que de investimentos para aumentar a escala e crescer essas empresas.

Portanto, pode-se afirmar que o Brasil possui uma baixa maturidade neste elo do ecossistema, sendo necessárias mais opções de startups para movimentar o mercado de software do País, aumentando o número de rodadas de investimento inicial e consequentes rodadas posteriores. Este elo é essencial para o ecossistema de software no País e será um dos principais elementos para fomentar e incentivar a inovação e implementação do 5G no Brasil. Este ciclo será completo apenas quando novos empreendedores criarem essas startups, aceleradoras e incubadoras para direcionar o crescimento inicial das empresas e, por fim, investidores e investimentos com perfis de risco mais arrojado.

Especialistas do mercado apontam para uma melhoria deste elo com o início da implementação do 5G e com o marco legal das startups. Entretanto, indicam ainda uma falta de conhecimento no mercado sobre aplicações práticas, estímulo e direcionamento do País em relação ao seu posicionamento sobre a tecnologia 5G, seja por regulações ou por estratégias de incentivo a verticais específicas.

Veículos especializados

Os veículos especializados no Brasil possuem um importante papel de proporcionar a troca de informações entre os atores do ecossistema, noticiar e documentar avanços ou atualizações para outras partes interessadas, criando eminência e estimulando o interesse de novos participantes no ecossistema. Para avaliar a maturidade deste elo, analisamos dois aspectos: a quantidade de mídias especializadas estabelecidas que cobrem o tema e o número de publicações das principais.

Atualmente no País não existe uma mídia especializada somente em 5G, mas existem diversas fontes de notícias e informações consolidadas no mercado que tangenciam o assunto, principalmente cobrindo o setor de telecomunicações de maneira abrangente, com um alto nível de especialização. Entre elas, podemos citar pelo menos quatro fontes de notícias que tenham cada uma em setembro de 2021 mais de mil publicações que mencionem o assunto 5G desde 2008: Mobile Time (+1.300 publicações), Tele.Síntese (+1.800 publicações), Convergência Digital (+1.000 publicações) e Teletime (+2.000 publicações). Há também diversos outros órgãos de informação e dados que auxiliam a trazer conhecimento para o ecossistema, como a Teleco. A presença desses veículos especializados consolidados no Brasil indica interesse dos atores que continuam suportando a existência deles. Além de publicar informações sobre o setor de telecomunicações, esses veículos também organizam diversos eventos, discussões e palestras, gerando contatos entre diferentes elos do ecossistema e auxiliando nessa troca de conhecimento e experiências – e, consequentemente, fomentando novos negócios no setor de telecomunicações.

Apesar do número de publicações já realizadas sobre o tema 5G por essas empresas, grande parte dessas informações é sobre eventos internacionais, padrões ou normas estabelecidas. Mais recentemente, o leilão de frequências do Brasil foi pauta de diversas matérias.

Como grande parte das notícias surgem com o aumento do interesse jornalístico, seja por ser um assunto novo, por causar impacto ou por ser relevante para o público-alvo dessas fontes, o ambiente de desenvolvimento de software no Brasil – especialmente de 5G – não se destacou por ter sido pouco impactante. Entretanto, à medida que o interesse jornalístico nestes temas aumente, este elo do ecossistema está preparado para trabalhar com essas novidades, seja pela cobertura que possuem ou pela capacidade técnica de cobrirem o tema.

Por esses motivos, podemos dizer que o elo de veículos especializados está maduro no ecossistema de telecomunicações e preparado para cobrir o desenvolvimento de 5G no País, tanto para hardware quanto para desenvolvimento de software. Entretanto, como ainda não teve grande destaque, a maturidade do elo é mediana.

Comunidades de empresas

As comunidades de empresas referem-se a iniciativas, em sua maioria internacionais, que contam com a participação de diferentes entidades do ecossistema e que têm por objetivo definir padrões, promover e acelerar o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias de rede, em especial as redes desagregadas, que serão alavancadas com a chegada do 5G.

Para entender melhor a relevância dessas comunidades no Brasil e analisar sua maturidade em nível nacional consideram-se: (i) indicadores da relevância da participação de atores brasileiros em comunidades internacionais; e (ii) análise das ações das iniciativas nacionais por meio de dados quantitativos e informações qualitativas de executivos de mercado. Foi realizado o levantamento de algumas das principais comunidades de empresas focadas na desagregação de redes: a O-Ran Alliance, o Telecom Infra Project (TIP), Open RAN Policy Coalition, Open Networking Foundation (ONF), Small Cell Forum, GT Open RAN da Anatel e o Open RAN Brasil.

O-Ran Alliance

A O-Ran Aliance é uma comunidade de empresas que declara ter por objetivo remodelar a indústria de RAN (Radio Access Network) para uma abordagem mais inteligente, aberta, virtualizada e de redes móveis interoperáveis. Para isso, ela atua por meio de 3 pilares principais:

1) Definição de especificações e padrões de RAN aberta;
2) Desenvolvimento de software aberto para RAN;
3) Esforço para testes e integração entre os membros da comunidade.

Lançada em 2018 pelas operadoras Deutsche Telekom, NTT Docomo, Orange, AT&T e China Mobile, em setembro de 2021 a comunidade contava com 307 membros[35], entre operadoras de telecomunicações, fornecedores de equipamentos de rede e outros tipos de entidades. Apenas uma entidade brasileira, o CPQD, faz parte da O-Ran Alliance. No entanto, empresas multinacionais com filiais no Brasil como Telefónica, TIM e Ericsson são também membros. Por conta disso, pode-se esperar que suas filiais se beneficiem ou participem indiretamente de eventuais avanços que a O-Ran Alliance promova. Ainda assim, pode-se considerar que a influência e relevância do Brasil são limitadas quando comparadas a outros países como Estados Unidos, China e até mesmo Índia.

Telecom Infra Project (TIP)

O TIP é uma comunidade lançada sob liderança do Facebook que busca impulsionar e promover soluções de infraestrutura para avançar a conectividade global. O TIP tem diversas frentes de atuação com foco em soluções de rede como Open RAN, redes privadas de 5G, Network as a Service, entre outros.

Atualmente, o TIP conta com 845 participantes. Em setembro de 2021, havia oito atores brasileiros participantes: Algar Telecom / Brain, Oi, Claro Brasil, TIM Brasil, Castway Brasil, CPQD, Inatel e Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Esse número representa menos de 1% dos membros da comunidade global. Aqui, diferentemente da O-Ran Alliance, nota-se participação direta inclusive de filiais brasileiras de multinacionais. Por outro lado, as entidades brasileiras mostram-se mais relevantes quando se trata dos Community Labs do TIP, laboratórios com propósito de desenvolver, testar e implementar soluções abertas de infraestrutura de telecomunicações dos projetos promovidos pela comunidade. O espaço físico e a infraestrutura de cada laboratório são fornecidos pelo próprio participante e disponibilizado para ser utilizado por outros membros. Como pode ser notado na , três dos 16 Community Labs do TIP estão no Brasil: um nas dependências do CPQD, em Campinas, São Paulo; um nas dependências do Inatel, em Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais; e um nas dependências da TIM Brasil, na cidade do Rio de Janeiro.

[35] https://www.o-ran.org/membership

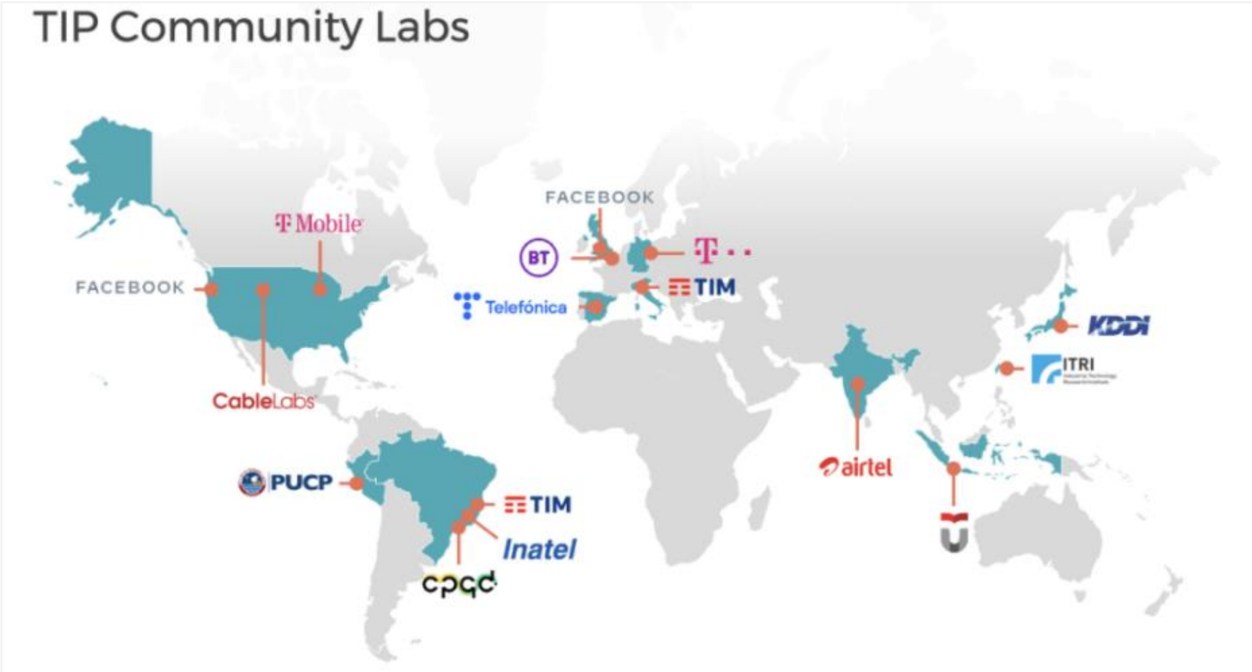


Figura 10 – Distribuição dos Community Labs do TIP ao redor do mundo

Open RAN Policy Coalition

Formado no ano de 2020, a Open RAN Policy Coalition representa uma comunidade de empresas para promover políticas para adoção de soluções abertas e interoperáveis na RAN como um meio de criar inovação, estimular a concorrência e expandir a cadeia de suprimentos de tecnologias sem fio avançadas, incluindo o 5G.

Em setembro de 2021, a comunidade contava com 60 membros de todo o mundo, mas sem participação direta de entidades brasileiras. No entanto, entre esses membros estão empresas multinacionais com filiais no Brasil, como Cisco, Telefónica, NEC e IBM, de modo que os avanços e benefícios promovidos pela Open RAN Policy Coalition podem chegar indiretamente ao Brasil.

Open Networking Foundation (ONF)

A ONF é um consórcio sem fins lucrativos, criado em 2011 e liderado por operadoras de telecomunicações, que fomenta a transformação da infraestrutura de rede e dos modelos de negócios das operadoras por meio de pesquisa aplicada, desenvolvimento, defesa e educação. A entidade organiza e supervisiona uma série de projetos para construção de novas soluções, aproveitando a desagregação de rede, software de código aberto e padrões definidos de software.

A ONF tem parcerias com outras comunidades como a O-Ran Alliance e TIP, e conta com 113 membros no total, dos quais apenas dois são brasileiros: CPQD e ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica).

Small Cell Forum

É uma comunidade centrada na aceleração da adoção de *small cells* com o objetivo de transformar, barateando as redes móveis e otimizando os serviços sem fio. Não define padrões e especificações, mas os influencia por meio de parcerias com outras entidades. Como exemplo da atuação da Small Cell Forum, ela já auxiliou a definição do FAPI (Financial Grade API) da OpenID Foundation, um padrão acordado com fornecedores de chipset e componentes e integradores de estações rádio-base móveis que envolve definições de hardware e

software. A Small Cell Forum tem parceria com a O-RAN Alliance, de modo a influenciar também nos resultados e padrões promovidos por essa comunidade.

Em setembro de 2021 a comunidade contava com 78 empresas membros, possuindo representantes dos Estados Unidos, China, Coreia do Sul, Japão, Europa, Israel e Índia, entre outros. Alguns desses membros são empresas multinacionais com filiais no Brasil, das quais podemos citar Nokia, Qualcomm e Telefónica, que podem, eventualmente, se beneficiar ou participar dos esforços da comunidade. No entanto, o Brasil não tem presença ou participação direta.

GT Open RAN da Anatel

Lançado em março de 2021, o Grupo de Trabalho (GT) sobre Open RAN liderado pela Superintendência de Outorgas e Recursos à Prestação (SOR) da Anatel busca analisar e avaliar aspectos regulatórios, financeiros e tecnológicos a respeito das tecnologias de redes abertas. Inicialmente, o grupo é composto também por Ministério das Comunicações, Claro, Tim, Oi, Vivo / Telefónica, Algar Telecom e Brisanet. Outras empresas e entidades já demonstraram interesse em participar do grupo, como o Facebook, que lidera o TIP.

O GT tem por objetivo construir um relatório com aspectos relevantes do ponto de vista regulatório e concorrenciais do padrão Open RAN[36].

Open RAN Brasil

O Open RAN Brasil é uma organização não formal lançada em junho de 2021 por entidades brasileiras como o CPQD, Trópico e as filiais brasileiras das empresas multinacionais Cisco, Qualcomm, IBM, NEC e Nokia. O objetivo dessa comunidade é criar uma convergência de ideias e defender medidas que busquem promover e desenvolver padrões abertos de rede. Essa iniciativa está em estágio bastante incipiente, ainda sem resultados tangíveis.

3rs Generation Partnership Project (3GPP)

O 3GPP[37] une organizações de desenvolvimento de padrões globais e provê aos seus membros um ambiente estável para produzir relatórios e especificações que definem as suas tecnologias. Essa iniciativa possui três grupos de especificação técnica (TSG) que se encontram regularmente para discutir e aprovar suas medidas. São eles: Radio Access Networks (RAN), Services & System Aspects (AS) e Core Network & Terminals (CT).

As padronizações aprovadas pelo 3GPP norteiam as organizações para o desenvolvimento de suas tecnologias, de forma a garantir a interoperabilidade. São utilizados releases, como ocorre com o 5G, para fornecer aos desenvolvedores uma plataforma estável para a implementação de recursos e permitir a adição de funcionalidades a cada nova “liberação”.

A iniciativa possui, segundo dados de outubro de 2021, 769 membros individuais de diversos países do mundo, como China, Estados Unidos e Alemanha. Apesar de não possuir organizações brasileiras até o momento, alguns de seus integrantes são empresas multinacionais que possuem filiais no País, como Qualcomm e Cisco, as quais podem se beneficiar indiretamente desse movimento.

European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

Fundado em 1988, o ETSI provém aos seus membros um ambiente aberto e colaborativo, produzindo padrões que são usados ao redor do mundo em indústrias que usam tecnologias de informação e comunicação. A

[36] https://teletime.com.br/05/04/2021/gt-de-open-ran-da-anatel-tem-reuniao-inaugural/
[37] Site 3GPP: https://www.3gpp.org/

instituição é independente e reconhecida como uma Organização de Padronização Europeia (ESO). Suas áreas de atuação contemplam 5G, internet das coisas, inteligência artificial, cyber security, blockchain, entre outros.

O instituto é composto por mais de 900 membros, localizados em 65 países nos cinco continentes[38]. Entretanto, não há empresas brasileiras em seu quadro de membros atualmente. Podemos citar multinacionais com sedes no território nacional, como Qualcomm e IBM, que podem trazer benefícios indiretos ao País.

International Telecommunication Union (ITU)

O ITU foi fundado em 1865[39], com o objetivo de facilitar a conectividade internacional das redes de comunicação. Para isso, são responsáveis por alocar espectros de rádio global e órbitas de satélite, desenvolver os padrões técnicos que garantem a interconexão de redes e tecnologias, e melhorar o acesso a TICs para comunidades carentes ao redor do mundo. A organização possui três setores nos quais as organizações podem se tornar membro: Radiocomunicação (ITU-R), Padronização de Telecomunicações (ITU-T) e Desenvolvimento de Telecomunicações (ITU-D).

Atualmente, o ITU tem como participantes 193 países e mais de 900 empresas, universidades, institutos de pesquisa e organizações regionais e internacionais atuando na construção de tecnologias transformativas, incluindo o 5G. O Brasil é um dos estados membros dessa organização, além de possuir 10 instituições integrantes, como CPQD, Universidade Federal do Pará, Anatel e Claro.

Após análise das principais comunidades percebe-se, de maneira geral, uma baixa participação de empresas ou entidades brasileiras nas comunidades líderes internacionais, indicando relevância e influência limitadas do País nas definições e avanços globais promovidos. Ao mesmo tempo, há grande presença de empresas multinacionais participantes destas comunidades com filiais no Brasil, de modo que o ecossistema do País é indiretamente impactado por este ecossistema sem possuir uma voz ativa. Por outro lado, no TIP o Brasil é referência em número de laboratórios da comunidade, sendo o país com mais laboratório, junto aos Estados Unidos. Ao se analisar as iniciativas nacionais, começa a haver um movimento de organização quanto ao tema que, apesar de poucos resultados práticos, têm o potencial de ditar os avanços das redes desagregadas no País. A junção desses fatores faz com que a maturidade do elo de comunidades de empresas seja mediana no Brasil.

---

[38] Site da ETSI: https://www.etsi.org/
[39] Site do ITU: https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx

Apêndice

Critérios de avaliação de maturidade dos elementos-chave do ecossistema 5G no Brasil

Elemento	Critério	Critérios utilizados
Associações de empresas	Número de empresas associadas	
	Número de associações que abordam 5G	X
	Relevância das associações que abordam 5G	X
Comunidades de empresas	Projetos-destaque e iniciativas nacionais	X
	Relevância no Brasil de Community Labs	
	Relevância de empresas e entidades brasileiras nas comunidades	X
Desenvolvedores e fornecedores de software de rede	% de investimento em P&D de software em relação à receita	
	Investimento por aplicações / soluções	
	Valor investido em pessoal / profissionais de TI	
	Programas de tecnologia / laboratórios	X
	Presença dos principais players de soluções verticalizadas	X
	Taxa de sucesso de novos produtos e soluções lançados a mercado	
	Número de empresas e startups focadas em software	X
	Número de aquisições do setor	
Desenvolvedores e fornecedores de software para soluções	% de investimento em P&D de software em relação à receita	
	Investimento por aplicações / soluções	
	Disponibilidade de mão de obra	
	Número de startups desenvolvendo soluções alavancando 5G sobre total	X
	Número de unicórnios de software sobre total	X
	Número de empresas não startups desenvolvendo software	X
	Valor investido em pessoal / profissionais de TI	
	Taxa de sucesso de novos produtos e soluções lançados a mercado	
	Programas de tecnologia / laboratórios	
Entidades de pesquisa	Número / tipo de publicações sobre software	X
	Número de centros de pesquisas focados em software / 5G	
	Valor de investimento destinado ao segmento das pesquisas de software	X

	Número de mestres e / ou doutores na área de software	X
	Segmentos-foco de pesquisa na área de software	
	Número de patentes de software	X
	Número de bolsas de pesquisa focadas em software / 5G	
Entidades privadas de investimento	Número de startups desenvolvendo soluções alavancando 5G sobre total	X
	Valor médio por rodada de investimento	X
	Total investido por ano (em software / 5G)	
	Principais vertentes de investimento em software	
	Número de rodadas por ano	X
Entidades públicas	Programas de incentivo à tecnologia	X
	Leilão	X
	Regulação (normas técnicas)	X
	Valores investidos (linhas de crédito, recursos não reembolsáveis)	X
	Avaliação por outros atores do ecossistema (orquestrar o ecossistema)	X
Fornecedores de infraestrutura de rede	% de investimento em P&D de software em relação à receita	
	Quantidade de projetos de inovação de software 5G em andamento	
	Taxa de sucesso de novos produtos e soluções lançados a mercado	
	Volume investido em desenvolvimento de infraestrutura	
	Programas de apoio ao software	
	Presença dos principais players de soluções verticalizadas	X
	Presença dos principais players de soluções em nuvem	X
	Número de empresas do setor	X
	% de cidades / estados com infraestrutura	
Fornecedores de serviços de telecomunicações	% de investimento em P&D de software em relação à receita	
	Cobertura e qualidade de internet do País	X
	Número de assinantes por conexões	X
	Participação de mercado dos grupos de telecomunicação	X
	Tendências de mercado	X
	Investimento por aplicações / soluções	
	Valor investido em pessoal / profissionais de TI	

	Relevância de receita advindas de soluções/software	
Integradores de sistema de rede	% de investimento em P&D de software em relação à receita	
	Número de empresas conectadas (julgamento sobre integração do mercado)	
	Número de empresas atuantes no mercado	X
	Presença dos principais players de soluções verticalizadas	X
	Valor investido em pessoal / profissionais de TI	
Integradores de sistema de soluções	% de investimento em P&D de software em relação à receita	
	Número de empresas conectadas (julgamento sobre integração do mercado)	
	Nível de preparação para as aplicações baseadas em 5G	X
	Valor investido em pessoal / profissionais de TI	
Veículos especializados	Número de publicações, alcance (software/5G)	X
	Número de veículos especializados que cobrem o assunto	X
	Audiência	X
	Qualidade da informação	
	Relevância internacional	

Glossário e notas explicativas

5G Non-Standalone (NSA): refere-se a uma opção de implantação de 5G que depende de uma rede 4G LTE existente para funções de controle.

5G Standalone (SA): refere-se ao uso de células 5G tanto para sinalização como para transferência de informações. Inclui a nova arquitetura 5G core com funções de fatiamento de rede. Em operações novas é implementada na montagem da rede, nas operações legadas é construída em paralelo ao core 4G e os clientes são migrados paulatinamente para o core 5G.

BSS – Sistema de Suporte de Negócios: é responsável pelo gerenciamento do negócio, sendo fundamental para que as operadoras possam oferecer melhorias e apoio aos seus serviços. Ele pode ser dividido em gerenciamento dos produtos, gerenciamento dos clientes, gerenciamento de receita e gerenciamento de pedidos.

CAGR – Taxa de Crescimento Anual Composta: Taxa de crescimento anual que leva uma variável de seu valor inicial ao final em certo período, supondo haver o mesmo crescimento percentual a cada ano.

CAPEX – Despesas de Capital: investimentos em bens de capital voltados para produção de outros itens como equipamentos, materiais de construção entre outros.

Edge computing – computação de borda: sistema formado por microcentros de processamento de dados que ficam na borda da rede, permitindo fazer o processamento dos dados de forma local e mais próxima da fonte.

IoT – Internet of Things, ou Internet das Coisas: refere-se à tecnologia que permite a objetos inanimados se conectarem à internet e se comunicarem mutuamente, armazenando dados e informações e executando funções.

Network Slicing: divisão da infraestrutura de rede em diversos segmentos ou fatias que funcionam como uma única rede, que podem ser configurados e personalizados para uma operação ou cliente específico. Isso permite a otimização da rede para cada dispositivo móvel e é importante para dar escalabilidade e flexibilidade para soluções.

O-RAN: **O-RAN Alliance**: entidade com atuação global liderada pelas operadoras e principais fornecedores para impulsionar o desenvolvimento dos sistemas sem fio da próxima geração, com o objetivo de remodelar a indústria de RAN em direção a redes móveis mais inteligentes, abertas, virtualizadas e totalmente interoperáveis. É responsável por desenvolver, conduzir e aplicar padrões para garantir que equipamentos dos diversos fornecedores interoperem entre si. Além disso, também cria padrões, em caso de inexistência, e perfis para teste de interoperabilidade onde os padrões estão disponíveis. Hoje é a mais representativa entidade, reunindo não só órgãos como o 3GPP, IETF, IEEE e GSMA, mas também 237 empresas entre fornecedores, operadoras e outras.

Open RAN: **Rede de Acesso Rádio (RAN)**: refere-se aos padrões usados para criar interfaces internas mais abertas e definir uma arquitetura particular para desagregação, virtualização e automação, com o objetivo de introduzir novas capacidades e ajudar a integrar novos fornecedores na cadeia de fornecimento. A tecnologia RAN atual é fornecida como uma plataforma integrada de hardware e software. A ambição da Open RAN é criar uma solução

RAN multifornecedor que permita a separação – ou desagregação – entre hardware e software com interfaces abertas e virtualização, software de hospedagem que controla e atualiza as redes na nuvem.

OpenRAN: refere-se a Telecom Infra Project (TIP). O seu principal objetivo é o desenvolvimento de soluções RAN totalmente programáveis baseadas em GPPP (General Purpose Processing Platforms) e software desagregado para que possam se beneficiar da flexibilidade e do ritmo mais rápido da inovação capaz de desenvolver o software. Para conseguir isso, o projeto ajuda a permitir um ecossistema aberto de soluções completas e componentes de solução que aproveitam os recursos mais recentes dos GPPPs, tanto em nível de software como também usando mecanismos de descarregamento programáveis, como matrizes de portas programáveis em campo (FPGA). O projeto complementa os projetos existentes de TIP e concentra-se na desagregação das soluções RAN virtualizadas em diferentes componentes, garantindo que cada componente individual possa ser implementado com eficiência nas plataformas GPP.

OPEX – Despesas Operacionais: gastos necessários para as operações diárias da organização voltadas à gestão empresarial e venda de produtos e serviços, como folha de pagamento, manutenção, entre outros.

OSS – Sistema de Suporte de Operações: sistemas de apoio necessários para que as operadoras de telecomunicações forneçam seus produtos e serviços, formado por um conjunto de ferramentas de software para a operacionalização e automação das principais tarefas operacionais.